

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматики и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления электродегидратором нефти

УДК 681.51-048.35:665.61.094.258

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Маляров Дмитрий Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель отделения АР	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматизации и робототехники

Громаков Е.И.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

бакалаврской работы

Группа	ФИО
8Т4А	Малярову Дмитрию Владимировичу

Модернизация автоматизированной системы управления электродегидратором нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

<p>Исходные данные к работе</p>	<p>Объект исследования: электродегидратор горизонтальный. Цель работы: Повышение качества процессов и . Режим работы: непрерывный.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводок; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранных форм АС; модель управления технологическим параметром.</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; структурная схема; схема соединения внешних проводок; схема информационных потоков; экранная форма; дерево экранных форм.</p>

	алгоритм поддержания уровня в электродегидраторе
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Маляров Дмитрий Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страницы машинописного текста, 30 таблиц, 31 рисунок, 40 использованных источников, а также 5 приложений.

Ключевые слова: электродегидратор, scada-система, PID-регулятор, АСУТП, экранные формы.

В качестве объекта исследования будет рассмотрен электродегидратор на установке комплексной подготовки нефти.

Целью работы является создание автоматизированной системы управления для объекта исследования с использованием программируемого логического контроллера Siemens S7-1200.

Система автоматизации электродегидратора, диспетчерского контроля и управления спроектированы на базе полевых устройств фирмы Rosemount, Метран ВСН-50-60, ТМТ 2-30, промышленного контроллера Siemens и программного SCADA-пакета TIA Portal.

В процессе выполнения ВКР разработана система автоматизированного управления электродегидратором нефти, разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации электродегидратора, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов, разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить.

Спроектированная САУ электродегидратора нефти имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2016, Matlab R2018a, Siemens TIA Portal V13.

Список сокращений

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУ – автоматизированная система управления

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

ВКР – выпускная квалификационная работа

ИМ – исполнительный механизм

КС – компьютерная сеть

ОУ – объект управления

ПК – персональный компьютер

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПО – программное обеспечение

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

СУБД – система управления базами данных

УПН – установка подготовки нефти

ЭГ – электродегидратор горизонтальный

Глоссарий

Установка подготовки нефти – комплекс оборудования, включающий в себя насосы, резервуары-отстойники, сепараторы и т.д, предназначенный для удаления различных примесей из нефти и подготовки ее к транспортировке.

Нефть – природная маслянистая горючая жидкость со специфическим запахом, состоящая в основном из сложной смеси углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений.

Электродегидратор – аппарат для разделения нефтяной и водяной фазы с помощью разрушения нефтяной эмульсии(вода в нефти) в электрическом поле.

Контроллер – устройство, выполняющее управление физическими процессами по записанному в него алгоритму, с использованием

информации, получаемой от датчиков и выводимой в исполнительные устройства.

Датчик – средство измерений, преобразовывающее измеряемую величину в электрический сигнал для передачи измерительным или исполнительным устройствам. Важной особенностью применения датчиков является необходимость их размещения непосредственно в месте отбора информации, что накладывает определенные требования к их конструкции.

Исполнительное устройство (механизм) – устройство, входящее в систему автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Состоит из двух функциональных блоков: исполнительного устройства (если исполнительное устройство механическое, то его часто называют исполнительный механизм) и регулирующего органа, например регулирующего клапана.

SCADA – программный пакет, служащий для обеспечения работы систем сбора, обработки и отображения информации об объекте управления в режиме реального времени.

ПИД-Регулятор – устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса.

HART-протокол – открытый стандарт на метод сетевого обмена, который включает в себя протокол взаимодействия устройств, требования к аппаратуре канала связи. HART применяется для связи контроллера с датчиками и измерительными преобразователями, локальными контроллерами. электромагнитными клапанами.

Содержание

Введение	10
1 Техническое задание	11
1.1 Основные задачи и цели.....	11
1.2 Назначение системы	11
1.3 Цели создания системы	11
1.4 Требования к системе	12
1.4.1 Требования к техническому обеспечению	12
1.4.2 Требования к метрологическому обеспечению	13
1.4.3 Требования к программному обеспечению	14
1.4.4 Требования к математическому обеспечению.....	15
1.4.5 Требования к информационному обеспечению	16
1.4.6 Нормативно-техническая документация	16
2 Основная часть.....	17
2.1 Описание технологического процесса	17
2.3 Разработка структурной схемы АС.....	19
2.4 Функциональная схема автоматизации	21
2.4.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13.....	21
2.5 Разработка схемы информационных потоков.....	22
2.6 Выбор контроллерного оборудования ЭГ	24
2.7 Выбор измерительных устройств.....	26
2.7.1 Выбор расходомера	26
2.7.2 Выбор датчика давления	29
2.7.3 Выбор датчика температуры	31
2.7.4 Выбор уровнемера	33
2.7.5 Выбор датчика – сигнализатора уровня	36
2.7.6 Выбор влагомера.....	37
2.7.6 Выбор трансформаторного оборудования	39
2.8 Выбор управляющего клапана и электропривода	40
2.8.1 Выбор регулирующего клапана	40
2.8.2 Выбор электропривода	43
2.9 Разработка схемы внешних проводок	44
2.10 Разработка алгоритмов.....	44
2.10.1 Алгоритм сбора данных измерений	45

2.10.2 Алгоритм регулирования уровня в ЭГ	45
2.10.3 Алгоритм управления технологическим параметром	45
2.10.4 Алгоритм управления технологическим параметром по статистическим данным	49
2.11 Разработка экранных форм	56
2.11.1 Дерево экранных форм.....	57
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	62
3.2 Потенциальные потребители результатов исследования.....	62
3.3 Анализ конкурентных технических решений.....	63
3.4 Технология QuaD	65
3.5 SWOT – анализ	66
3.6 Планирование научно-исследовательских работ	70
3.6.1 Структура работ в рамках научного исследования	70
3.6.2 Разработка графика проведения научного исследования	71
3.6.3 Разработка графика проведения научного исследования	74
3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	74
3.7.1 Расчет материальных затрат.....	74
3.7.2 Расчет затрат на специальное оборудование.....	75
3.7.3 Основная заработная плата исполнителей темы	76
3.7.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	77
3.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	77
3.7.6 Накладные расходы	78
3.7.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	78
3.7.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	79
4 Социальная ответственность	83
4.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	84
4.2 Производственный шум.....	85
4.3 Электромагнитное излучение	85
4.4 Электробезопасность	87
4.5 Пожарная безопасность.....	88
4.6 Экологическая безопасность	89
Заключение	90
Список литературы.....	91

Введение

Автоматизация технологических процессов является важнейшим фактором повышения производительности, что ведет за собой улучшение условий труда. Все промышленные объекты, которые были построены или строятся в настоящее время, уже сейчас оснащаются или будут оснащаться средствами автоматизации. Создание надежной автоматизированной системы для мониторинга и управления технологическим процессом является сложной и ответственной задачей, поскольку от этого напрямую может зависеть безопасность объекта и людей, работающих на нем. Увеличить эффективность работы предприятия можно только за счет оптимизации и модернизации производства, увеличения скорости добычи и передачи информации, необходимой для принятия своевременных и правильных решений, а также снижения производственных потерь и расхода энергии на ведение технологического процесса.

Главной целью представленного выпускной квалификационной работы является автоматизация электродегидратора на УПН. Данная тематика достаточно актуальна, поскольку сейчас стандартная схема установки подготовки нефти обладает высоким уровнем автоматизации и обеспечивает качественный контроль технологических параметров. Однако зачастую это не относится к электродегидратору. В данной ВКР предполагается замена на современные приборы уже существующих решений, с учетом использования других видов первичных преобразователей, которые должны иметь унифицированные сигналы.

1 Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели

Электродегидратор предназначен для разделения водонефтяной эмульсии на две составляющих. В составе УПН электродегидратор является следующей ступенью после процесса сепарации (как правило второй ступени).

1.2 Назначение системы

АСУ ТП должна обеспечивать:

1. автоматический контроль и управление в реальном времени технологическим процессом приема и разделения водонефтяной смеси;
2. контроль уровня продукта с его нахождения в заданных нормативных пределах и перевод блока подготовки нефти в безопасный режим при выходе уровня за границы уставок;
3. контроль технологических параметров насосов газожидкостной смеси и газа;
4. безопасность технологического процесса приема, очистки от капельной жидкости, отпуска газ;
5. автоматическое переключение технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуаций (пожар, выход из строя технологического оборудования);
6. повышение качественных показателей продукции.

1.3 Цели создания системы

Целью создания АСУ ТП является:

1. улучшение качества управления технологического процесса и обеспечение его безопасности;

2. увеличение оперативности действий персонала за счет повышения уровня информированности и достоверности данных;
3. увеличение организации управления технологическим процессом.

1.4 Требования к системе

Все требования к создаваемой АСУ должны соответствовать ГОСТ 24.104-85 "Автоматизированные системы управления. Общие требования", а также требованиям раздела 1.4 технического задания.

1.4.1 Требования к техническому обеспечению

Внешние части технических средств, которые могут находиться под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения человека. Технические средства должны быть заземлены.

Весь комплекс АС должен допускать варианты наращивания и модернизации, иметь резерв по входным и выходным каналам не менее 20%.

ПЛК должны обладать модульной архитектурой, которая позволяет компоновать каналы ввода/вывода свободно в зависимости от решаемых задач.

Связь датчиков с ПЛК, находящихся во взрывоопасной среде, должна обеспечиваться искробезопасными цепями.

Все датчики, используемые в АС, должны удовлетворять требованиям взрывобезопасности. Используемая аппаратура должна соединяться только искробезопасными цепями. Применяемые в разрабатываемой системе датчики должны удовлетворять требованиям надежности: не менее 100 тыс. часов наработки на отказ и срок службы не менее 10 лет.

При соприкосновении чувствительных элементов с агрессивной или коррозионной средой, степень их пыле- и влагозащиты должна быть не менее IP-56.

Установленное на открытых площадках оборудование должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 50 до плюс 50 °С.

1.4.2 Требования к метрологическому обеспечению

Для узла измерения давления и расхода водонефтяной эмульсии в трубопроводе использовать расходомеры на базе диафрагм. Основная относительная погрешность измерения расходомера должна составлять не более 1%.

В составе системы должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации.

Первичную и периодическую поверки средств измерений, входящих в состав системы, проводят в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. поверка термометров – по ГОСТ 8.279;
2. поверка преобразователей давления – по МИ 1997;
3. поверка влагомеров – по МИ 2366-2005 “Рекомендация. ГСИ. Влагомеры нефти типа УДВН. Методика поверки”;
4. поверка уровнемеров – по ГОСТ 8.321-2013 “Государственная система обеспечения единства измерений. Уровнемеры промышленного применения. Методика поверки”

Представленные выше требования к метрологическому обеспечению АСУ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.596-2002 “Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения”.

Значения контролируемых параметров (технологического процесса, технологического оборудования) должны быть выражены в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 ТСИ. Единицы величин".

1.4.3 Требования к программному обеспечению

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций АСУ ТП, в работе которых эти данные не участвуют.

Программное обеспечение АС должно состоять из системного, общего прикладного и специального прикладного ПО.

Системное ПО представляет собой операционные системы, устанавливаемые на ПК персонала. Специальное прикладное ПО состоит из средств разработки и технологических языков программирования, которые должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3. Базовое ПО отвечает за выполнение стандартных функций АСУ (измерение, регистрация, сигнализация и т.д.).

Программные средства разрабатываемой системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать перечисленным требованиям:

1. функциональная достаточность;
2. восстанавливаемость;
3. возможность модификации;

Для выполнения нестандартных функций, таких как расчет, особые алгоритмы управления и т.д. должно использоваться специальное прикладное ПО.

Документы, разрабатываемые для описания программного обеспечения АСУ, должны соответствовать ГОСТ 24.205-80 “Требования к содержанию документов по информационному обеспечению”.

1.4.4 Требования к математическому обеспечению

Алгоритмы системы должны определяться на стадии проектирования системы и обеспечивать регламентированный режим работы и безаварийную остановку УКПН, а также снижение или исключение возможности ошибочных действий производственного персонала при ведении процесса. Алгоритмы системы должны разрабатываться на основе утвержденного технологического регламента.

Алгоритмы управления системой должны определяться в период ее проектирования, а также обеспечивать стабильную работу и последовательную остановку УКПН, максимальное снижение возможности персонала к совершению ошибочных операций.

Организация математического обеспечения включает в себя: создание алгоритмов функционального назначения (обработка информации контроллерами) и разработка алгоритмов специального назначения.

Математическое обеспечение ПЛК представлено в таблице 1.

Таблица 1. Математическое обеспечение ПЛК

Функции первичной обработки аналоговых сигналов	Управляющие и противоаварийные функции
Расчет текущих значений	Регулирование параметров
Фильтрация	Программно-логическое управление
Сравнение со значением уставок	Противоаварийная защита
Формирование сигналов нарушений	
Наличие ПИД регулятора	

1.4.5 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

По результатам проектирования должны быть представлены:

1. структура и способы организации данных в АС;
2. порядок обмена информацией между компонентами и составными частями АС;
3. описание процедуры передачи и сбора необходимой информации;

В состав информационного обеспечения должны входить:

1. система электронной документации;
2. структурированная БД системы объектов;
3. формы различных выходных документов, таких как входные листы и ведомости;

Документация, разрабатываемая к информационному обеспечению, должна соответствовать ГОСТ 24.205-80 “Требования к содержанию документов по информационному обеспечению”.

1.4.6 Нормативно-техническая документация

Разработка АСУ ТП выполнена, основываясь на утвержденные технологические схемы в соответствии с действующими руководящими и нормативными документами:

1. МИ 2773-2002 Государственная система обеспечения единства измерений.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание 6, 7;
3. СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации»;

4. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;
5. Федеральный закон от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ;
6. Федеральный закон от 22.07.2008 года N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
7. «Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2012г. №784».

2 Основная часть

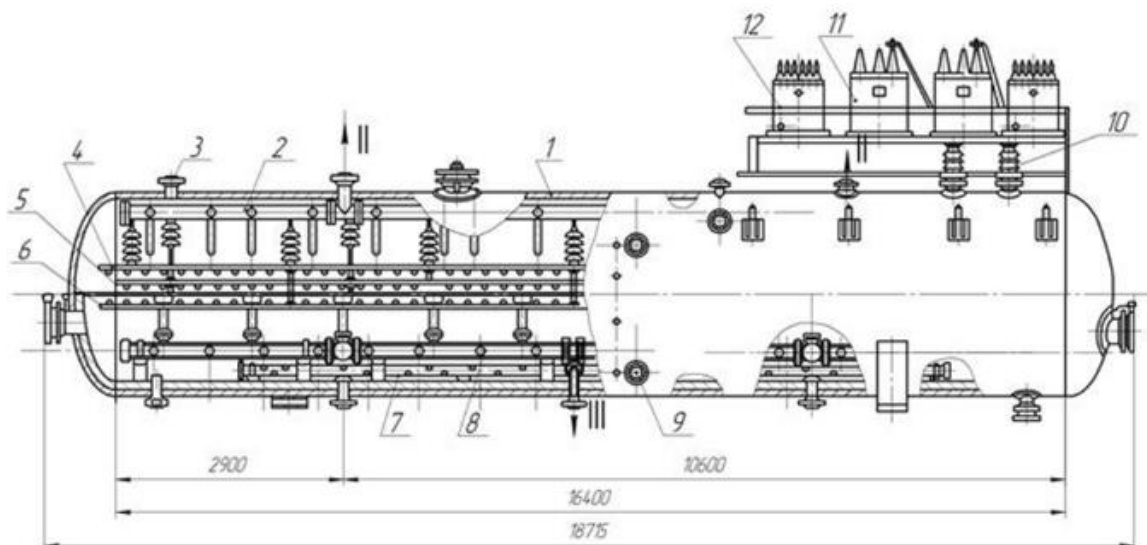
2.1 Описание технологического процесса

Среди основных процессов, которые связаны с добычей нефти и ее транспортированием, важное значение имеет процесс подготовки нефти, поскольку от того, как качественно подготовлена нефть в районе ее добычи, зависят надежность работы как измерительной аппаратуры, так и работа всего магистрального трубопроводного транспорта. Вода в нефти (в виде эмульгированных глобул воды и механических частиц) приводит к интенсивной коррозии оборудования, уменьшению пропускной способности трубопроводов. Кроме того, вода в нефти, поступающая на переработку, несомненно, ухудшит качество получаемых из нее продуктов.

Электродегидратор, как правило, используется на начальных этапах подготовки нефти. Его главной задачей является одновременное обезвоживание и обессоливание эмульсии для получения товарной нефти.

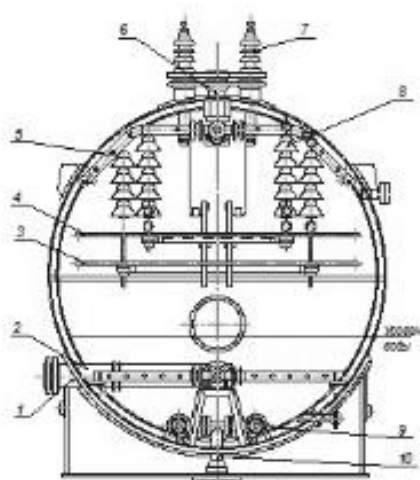
Электродегидраторы делятся на 3 типа: вертикальные, горизонтальные и шаровые. В данной работе будет рассмотрен горизонтальный тип, поскольку производительность сепараторов вертикального типа уступает из-за их формы, а также работа горизонтальных электродегидраторов возможна при более высоких температурах и давлении.

Типовая схема горизонтального электродегидратора представлена на рисунке 1.



1-корпус, 2-сборник обессоленной нефти, 3-штуцер для предохранительного клапана, 4, 5, 6-электроды, 7-дренажный коллектор, 8-распределитель сырой нефти, 9-штуцер для межфазного регулятора уровня, 10-изоляторы, 11-трансформаторы, 12-катушки реактивные

Рисунок 1 – Схема устройства электродегидратора



1-штуцер ввода сырья, 2-нижний распределитель сырья, 3-нижний электрод, 4-верхний электрод, 5-верхний сборник обессоленной воды, 6-штуцер вывода обессоленной воды, 7-штуцер проходного изолятора, 8-подвесной изолятор, 9-дренажный коллектор, 10-штуцер вывода соленой воды

Рисунок 2 – Устройство электродегидратора (вид с торца)

Горизонтальный электродегидратор представляет собой цилиндрическую емкость, установленную на опоры, где одна из них подвижная. Внутри емкости имеются электроды, находящиеся в подвешенном состоянии. Вход эмульсии, а также выходы отделенных друг

от друга воды и нефти осуществляются через штуцеры. Кроме того, ЭГ оборудуется технологическими штуцерами, люком-лазом, а также штуцерами и муфтами для монтажа приборов КИПиА.

Принцип работы ЭГ выглядит следующим образом. Эмульсия через входной штуцер и распределительное устройство попадает в область электрического поля, которое создается благодаря двум заземленным и двум высокопотенциальным электродам. Эмульсия, двигаясь в этой области, попадает сначала в поле низкого, а затем в поле высокого напряжения, где происходит интенсивное укрупнение оставшихся мельчайших капель воды, их коалесценция и последующее оседание. Чистая нефть выводится через штуцеры в верхней части ЭГ, а отделившаяся вода через штуцер внизу аппарата.

Стоит отметить, что вместе с водой происходит удаление солей, содержащихся в ней изначально. Однако удалить все солевые примеси за одно прохождение эмульсии через ЭГ бывает недостаточно, поэтому необходимо предусмотреть ввод пресной воды в ЭГ и осуществление дегидратации в несколько ступеней (циклов).

2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления горизонтальный электродегидратор. В соответствии с ТЗ будет разработана система автоматизированного управления. В электродегидраторе будет осуществляется замер уровня эмульсии, уровень раздела фаз, температура среды и уровень напряжения на электродах, а в трубопроводах – качество продукта (содержание воды), расход водонефтяной эмульсии, расход пресной воды, расход отделившейся воды и расход нефти на выходе из ЭГ. Кроме того, необходим постоянный замер уровня масла в трансформаторе и его температуры. Исполнительными устройствами являются клапаны с электроприводом. Каждый клапан имеет в резерве ручной вентиль и байпасную линию для проведения ремонтных работ и обеспечения непрерывности процесса.

Структурная схема АСУ ТП ЭГ будет построена по иерархическому принципу с 3 уровнями управления.

Нижний (полевой) уровень состоит из датчиков и первичных преобразователей (уровнемера, датчика температуры, 4 расходомеров, датчика давления, 4 исполнительных устройства (клапанов с электроприводом).

Средний (контроллерный) уровень включает в себя ПЛК, работающий во взаимодействии с OPC-сервером и SCADA-системой.

Верхний уровень состоит из компьютеров и сервера базы данных, образующих локальную сеть, соединяясь по Ethernet. Версия операционной системы Windows, устанавливаемая на компьютеры диспетчеров, должна быть не ранее Windows 7. В качестве основного ПО на ПК должен быть установлен CODESYS (среда программирования), позволяющий программировать ПЛК ОВЕН.

Полевой уровень собирает информацию о параметрах технологического процесса посредством измерительных устройств (датчиков), а также осуществляет непосредственное управление процессом посредством регулирующих клапанов, реализующих управляющие воздействия с верхнего уровня.

Сигналы с полевых датчиков приходят на средний уровень ПЛК, который выполняет следующие функции:

1. сбор и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
2. логическое управление и регулирование процесса посредством воздействия на исполнительные механизмы.

Верхний уровень представляет собой несколько станций управления, являющихся АРМ диспетчера/оператора. Также здесь установлен сервер базы данных. Компьютерные экраны диспетчера отображают протекание технологического процесса и позволяют осуществлять оперативное управление.

2.4 Функциональная схема автоматизации

Документ, определяющий структуру каждого элемента автоматической системы управления, является функциональной схемой автоматизации, где отображаются контуры регулирования, сигнализации и защиты.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

Каждый элемент системы изображается в виде условных изображений. Элементы соединяются при помощи линий (функциональных связей), образуя единую систему.

Разработка функциональной схемы производится в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Функциональная схема автоматизации представлена в Приложении А.

2.4.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13

Функциональная схема автоматизации, выполненная согласно требованиям ГОСТ 21.408-13 приведена в Приложении Б. На схеме представлены 4 канала управления (12-15) и 11 каналов измерений (1-11). Контуры 1-5 предназначены для измерения параметров трансформатора, в том числе для аварийной сигнализации, в случае превышении параметров максимально допустимых значений.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, приведенная в Приложении, состоит из трех уровней сбора и хранения информации:

- нижний уровень (сбор и обработка);
- средний уровень (хранение текущей информации);
- верхний уровень (архивное и КИС хранение).

Нижний уровень—это сбор и обработка данных от физических устройств ввода/вывода. Сюда относятся данные в виде дискретных и аналоговых сигналов, а также данные о преобразовании и вычислении.

Средний уровень является буфером, который с одной стороны принимает информацию от периферийных устройств, с другой передает ее на экраны АРМ-приложений. Сигналы между контроллерами и АРМ оператора передаются посредством Ethernet.

- Расчетные и измеряемые параметры технологического процесса выглядят следующим образом:
- расход обезвоженной нефти на выходе из ЭГ, м³/ч;
- расход эмульсии на входе в ЭГ, м³/ч;
- расход пресной воды на входе в ЭГ, м³/ч;
- расход отстоявшейся воды на выходе в ЭГ, м³/ч;
- давление обезвоженной нефти на выходе из ЭГ, МПа;
- содержание воды в эмульсии на входе в ЭГ, %;
- содержание воды в обезвоженной нефти на выходе из ЭГ, %;
- уровень раздела фаз в ЭГ, мм;
- температура эмульсии в ЭГ, °С;
- фазовое напряжение трансформатора, мА;
- температура трансформаторного масла, °С;
- уровень масла в трансформаторе, мм.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

Все элементы управления системы имеют свои идентификаторы (теги), каждый из которых соответствует структуре, представленной ниже.

AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где:

1. AAA – параметр из 3 символов, принимающий значения:
 - PT – давление;
 - TT – температура;
 - LT – уровень;
 - FT – расход;
 - ET – напряжение;
 - QT – качество;
 - VLV – клапан регулирующий;
2. BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
 - EPP – трубопровод с эмульсией на входе в ЭГ;
 - OPP – трубопровод с нефтью на выходе из ЭГ;
 - WPP – трубопровод с пресной водой;
 - PPW – трубопровод с отделившейся водой
 - TRF – трансформатор;
 - EDG – электродегидратор;
3. CCC(C) – уточнение, до 4-х символов:
 - EMUL – эмульсия;
 - OIL – нефть;
 - WATR – вода;
 - PHS (1,2,3) – фаза;
 - PHS – уровень раздела фаз.
4. DDD(DD) – примечание, до 5 символов:
 - REG – регулирование;

- НН – верхнее аварийное значение;
- LL – нижнее аварийное значение;
- Н – верхнее допустимое значение;
- L – нижнее допустимое значение;

Знак _ предназначен для отделения одной части идентификатора кода от другой.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в Приложении Е.

Верхний уровень представлен АРМ операторов и базой данных АСУ ТП. Информация о ходе технологического процесса представлена наборами экранных форм АРМ. Также на АРМ диспетчера автоматически могут формироваться различные виды отчетов с определенной частотой (по расписаниям):

- почасовой отчет;
- каждые сутки;
- каждый месяц;
- оперативный отчет (по требованию оператора).

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- отчет по текущему состоянию оборудования;
- отчет о текущих измерениях.

2.6 Выбор контроллерного оборудования ЭГ

В качестве контроллерного оборудования были рассмотрены следующие виды контроллеров:

1. Siemens SIMATIC S7-1200;
2. Siemens SIMATIC S7-300;
3. ОВЕН ПЛК 154

В качестве контроллера был выбран SIMATIC S7-1200C. Обладая схожими характеристиками с контроллерами ОВЕН 150 и SIMATIC S7-300, S7-1200C имеет значительно меньшую стоимость. Данный ПЛК имеют модульную конструкцию, высокую производительность, а также способны работать в реальном масштабе времени. Используются для построения систем малого и среднего уровня автоматизации.



Рисунок 2 – SIMATIC S7-1200C

Таблица 2. Технические характеристики

Параметр	ОВЕН 154	SIMATIC S7-300	SIMATIC S7-1200C
Диапазон рабочих температур	-20..+70	-20..+60	-20..+60
Интерфейсы	RS 485/422, Ethernet	Industrial Ethernet,	Industrial Ethernet,
Протоколы передачи данных	DCON, Modbus, TCP/RTU	PROFINET, PROFIBUS	PROFINET, PROFIBUS
Время выполнения цикла ПЛК	от 1 мс	от 0.5 мкс	От 1 мкс
Кол-во встроенных каналов	DI: 4, DO:4, AO:4, AI:4	DI: 10, DO:6, AO:0, AI:0	DI: 6, DO:4, AO:0, AI:2
Цена	От 20 тыс. руб	От 25 тыс. руб	От 15 тыс. руб

Все типы CPU данной серии ПЛК оснащены двумя аналоговыми входами, набором дискретных входов/выходов, а также встроенным блоком питания датчиков с напряжением 24В.

Выбранный ПЛК может оснащаться следующими дополнительными модулями:

1. Блоки питания
2. Сигнальные модули
3. Коммуникационные модули
4. Функциональные модули
5. Интерфейсные модули

Процессор выбранного ПЛК поддерживает функции ПИД-регулирования, имеет встроенный Web-сервер с поддержкой Java, а также предусматривает парольную защиту программы пользователя.

Программным обеспечением для разработки алгоритмов и создания человеко-машинного интерфейса является программный пакет TIA Portal и STEP 7.

Для разработки программного кода могут использоваться языки программирования LAD, FBD и SCL, входящие в стандарт МЭК 61131.

2.7 Выбор измерительных устройств

2.7.1 Выбор расходомера

Для поддержания рабочих значений расхода эмульсии, нефти и воды необходим точный и надежный расходомер. Выбор расходомера проходил из следующих вариантов приборов: электромагнитный расходомер Rosemount 8700, вихреакустический расходомер Метран-300ПР и вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200. Несмотря на то, что Rosemount 8700 стоит несколько дороже чем приведенные аналоги, он значительно превосходит их в точности измерений, а также способен работать при значительно большем давлении.

Данный расходомер способен работать с любыми жидкостями, имеющими минимальную электропроводность $5 \cdot 10^{-4}$ См/м. Датчик обладает высокой надежностью: срок службы – не менее 15 лет, а средняя наработка на отказ – не менее 100000ч.

Опросный лист для выбора данного расходомера представлен в Приложении А.

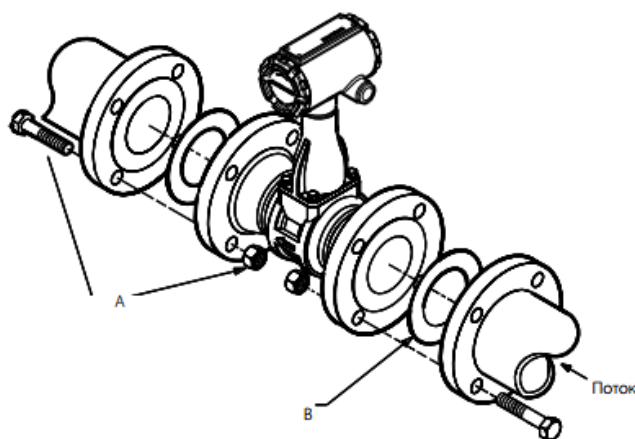


Рисунок 3 – Расходомер Rosemount 8700

Таблица 3. Технические характеристики расходомеров

Технические параметры	Rosemount 8700	ЭМИС-ВИХРЬ 200	Метран 300ПР
Степень защиты	IP66	IP67	IP66
Диапазон измерений, м ³ /ч	До 2000	До 810	До 1600
Относительная погрешность	0.25%	1,5%	0.8%
Диапазон рабочих температур	-29..150°C	-40..+460°C	-40..+400 °C

Допустимое давление среды	4 МПа	20 МПа	1,6 МПа
Диапазон температур окр. среды	-50...+74°C	-40...+70°C	-40...+85°C
Условный проход, мм	4...900	15...300	50...2400
Выходной сигнал	4-20мА, HART	4-20мА, RS485	4-20 мА/HART
Стоимость	От 45 тыс. руб	От 38 тыс. руб	От 50 тыс. руб



А. Монтажные болты и гайки (поставляются заказчиком)
В. Прокладки (поставляются заказчиком)

Рисунок 4 – Монтаж фланцевого расходомера Rosemount

Расходомеры электромагнитные Rosemount 8700 состоят из сенсора расхода и преобразователя. Сенсор расхода устанавливается непосредственно в трубопровод и представляет собой трубу из нержавеющей стали с приваренными к ней фланцами.

На трубе устанавливаются две катушки возбуждения (КВ) и два изолированных электрода. Электроды и КВ герметично защищены кожухом. К нему крепится стойка, на которой расположена плата с клеммами для подключения к преобразователю. В корпусе самого преобразователя находятся электронный блок, клеммы выходных сигналов, питания и заземления.

Принцип действия датчик основан на явлении возникновения электрического тока в проводнике, движущемся в магнитном поле. Магнитное поле, создаваемое катушками, воздействует на проводник (поток среды в трубопроводе) по углом 90, в результате чего в нем образуется разность потенциалов. Разность измеряется преобразователем при помощи электродов. Далее сигнал поступает на усилитель и обрабатывается блоком преобразователя для формирования выходного сигнала.

2.7.2 Выбор датчика давления

Выбор измерителя давления проходил из следующих вариантов приборов: Rosemount 3051CG, Метран-150 и СДВ-SMART 1420. В результате анализа была выбрана серия датчиков давления Метран-150. Датчики давления этой серии предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин: избыточного давления, абсолютного давления, разности давлений и т.д.[]



Рисунок 5 – Датчик давления Метран-150

Таблица 4. Технические характеристики датчиков давления

Технические параметры	Метран-150CG	Rosemount 3051CG	СДВ-SMART 1420
Диапазоны измерения	0..10 МПа	0,025..13790 КПа	2,5 кПа...16 МПа

Выходной сигнал	4-20 мА, HART, 0-5 мА	4-20 мА, HART, Foundation Fieldbus, WirelessHART	4-20 мА, HART
Диапазон температур раб. среды	-40..+150°C	-40..+150°C	0...+120°C
Погрешность измерений	0.075%	0,04%	0,25%
Степень защиты	IP 66	IP 68	IP 54
Стоимость	От 25 тыс. руб	От 66 тыс. руб	От 15 тыс. руб

Одним из преимуществ данной серии является возможность установки “нуля” и непрерывная самодиагностика датчика. Средний срок службы датчика составляет 12 лет, средняя наработка на отказ составляет 150000 ч.

Управление параметрами датчика возможно с помощью HART-коммуникатора или удаленно с помощью программы HART-Master, HART-модема и компьютера или программных средств АСУТП;

Серия датчиков Метран 150CD и 150CG относится к датчикам давления емкостного типа. Воздействие давления вызывает изменение положения измерительной мембраны. Изменение положения мембраны приводит к появлению разности емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора, расположенным по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП, преобразуется электронным преобразователем в соответствующий выходной сигнал.

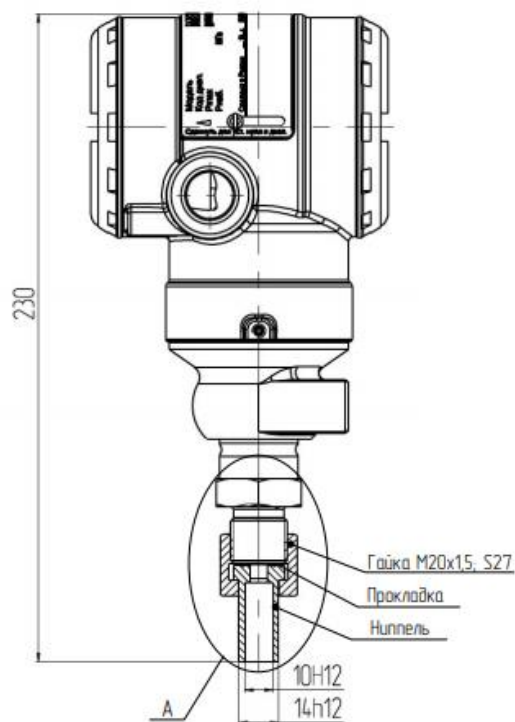


Рисунок 6 – Датчики мод.150CG с установленным ниппелем (код D6) и монтажным кронштейном для установки на трубе ф50 мм

Серия датчиков Метран 150TG и 150ТА относится к тензорезистивному типу датчиков. Давление через разделительную мембрану передается на чувствительный элемент тензомодуля. Воздействие давления преобразуется в деформацию чувствительного элемента, вызывая при этом изменение электрического сопротивления его тензорезисторов и разбаланс мостовой схемы. Электрический сигнал, образующийся при разбалансе мостовой схемы, измеряется АЦП и подается в электронный преобразователь. Электронный преобразователь преобразует это изменение в соответствующий выходной сигнал.

2.7.3 Выбор датчика температуры

Для нормального протекания процессов в ЭГ необходимо непрерывно контролировать температуру. Анализ датчиков температуры происходил среди таких образцов как:

В качестве датчика температуры был выбран Метран-276. Использование данного датчика допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким. В качестве первичного преобразователя в Метран-286 используются платиновые чувствительные элементы типа Pt100. Средний срок службы для данного датчика составляет не менее 10 лет.



Рисунок 7 – Метран-276

Таблица 5. Технические характеристики датчиков температуры

Технические параметры	Метран-286	Метран-276	WIKA TR10
Диапазоны измерения	-50..500	-50..+150	-200...+600
Выходной сигнал	4-20 мА, HART	4-20 мА	4-20 мА
Диапазон температур окр. среды	-40..+70	-60..+80	-60...+80°C
Погрешность измерений	0,15%	0,25%	0,25 %
Степень защиты	IP 65	IP 65	IP 68

Стоимость	От 15 тыс. руб	От 5 тыс. руб	От 6 тыс. руб
-----------	----------------	---------------	---------------

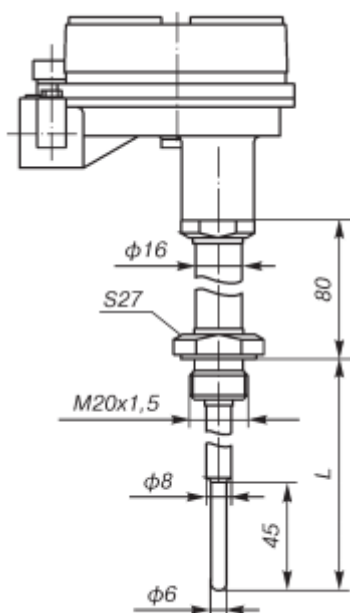


Рисунок 8 – Габаритные и присоединительные размеры Метран-276

2.7.4 Выбор уровнемера

Поддержание требуемого уровня в ЭГ, а также правильное положение уровня раздела фаз является одним из важнейших параметров в автоматизации процессов дегидратации.

Выбор уровнемера проходил из следующих вариантов приборов: Rosemount 3300, ОВЕН ПДУ-И.1500 и Rosemount 5300.

Уровеньмер Rosemount 3300 разработан для надежного и эффективного измерения уровня в широком диапазоне применений. Волноводная технология с улучшенными характеристиками обработки сигнала и более высокой чувствительностью позволяет датчикам серии 3300 одновременно измерять уровень и уровень границы раздела сред. Двухпроводное подключение обеспечивает простоту и экономичность установки.



Рисунок 9 – Уровнемер Rosemount 3300

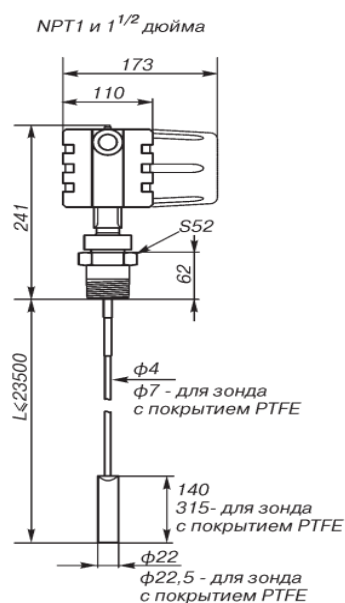


Рисунок 10 – Габаритный чертеж Rosemount 3300 с одинарным гибким зондом

Таблица 6. Технические характеристики уровнемеров

Технические параметры	Rosemount 3300	VEGACAL 62	Rosemount 5300
Диапазон измерений, м	0,1..23,5	0..6	0,1..50
Выходной сигнал, мА	4..20мА, HART	4..20мА, HART, Modbus	4..20мА, HART
Рабочие температуры	-50..+150	-60..+75	-196..200
Степень защиты	IP66	IP67	IP66

Погрешность измерений	0.1%	0.03%	0,03%
Степень защиты	IP 66	IP 67	IP 67
Температура окр. среды	-40..+85	-40..+80	-40..+85
Стоимость	От 60 тыс. руб	От 102 тыс. руб	От 80 тыс. руб

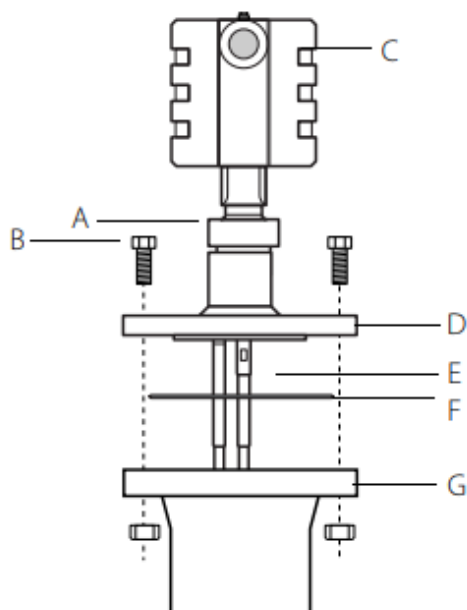


Рисунок 11 – Монтаж на резервуаре с фланцевым соединением

Уровнемеры серии Rosemount 3300 являются волновыми радарными уровнемерами, принцип работы которых основаны на технологии рефлектотметрии. Микроволновые наносекундные радарные импульсы малой мощности направляются вниз по зонду, погруженному в технологическую среду. Когда радарный импульс достигает среды с другим коэффициентом диэлектрической проницаемости, часть энергии импульса отражается в обратном направлении. Разница во времени между моментом передачи радарного импульса и моментом приема эхосигнала пропорциональна расстоянию, согласно которому рассчитывается уровень жидкости или уровень границы раздела двух сред.

2.7.5 Выбор датчика – сигнализатора уровня

Для поддержания безопасной работы трансформатора необходимо постоянно отслеживать уровень масла, чтобы он не упал на предельно низкий уровень. Для сигнализации уровня масла будем использовать датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ.



Рисунок 12 – датчик-реле уровня РИЗУР ДРУ-1ПМ.

Датчики-реле уровня жидкости двухпозиционный РИЗУР ДРУ-1ПМ, предназначен для контроля верхнего или нижнего уровня различных жидкостей: от дистиллированной воды, до агрессивных жидкостей и взвесей.

- Рабочее давление от 0,054 до 0,2 МПа.
- Погрешность срабатывания не более 12,5 мм относительно номинального уровня срабатывания.

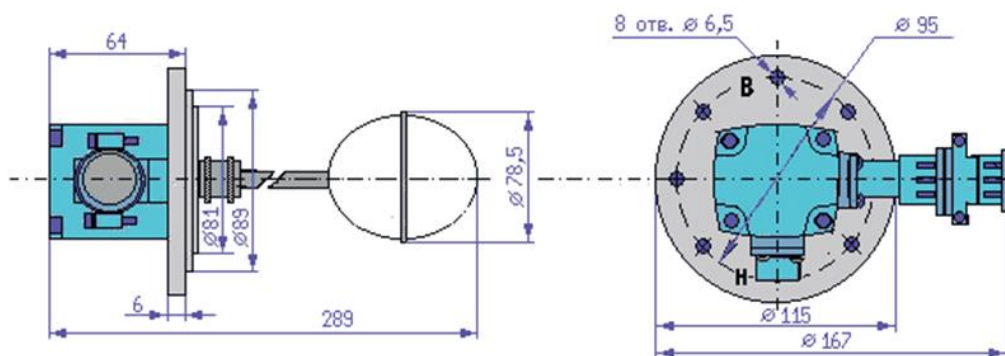


Рисунок 13 – Габаритные и установочные размеры

Работа подобных датчиков заключается в следующем. Поплавковые сигнализаторы обладают необходимой плавучестью, позволяющей им в незакреплённом состоянии находиться на поверхности жидкости в строго горизонтальном положении. В конкретных применениях поплавковый датчик закрепляется посредством собственного кабельного зажима на высоте, соответствующей предельному уровню жидкости.

Процесс переключения запускается качанием датчика, когда он отклоняется от горизонтального положения в любом направлении, как это представлено на рисунке 14.

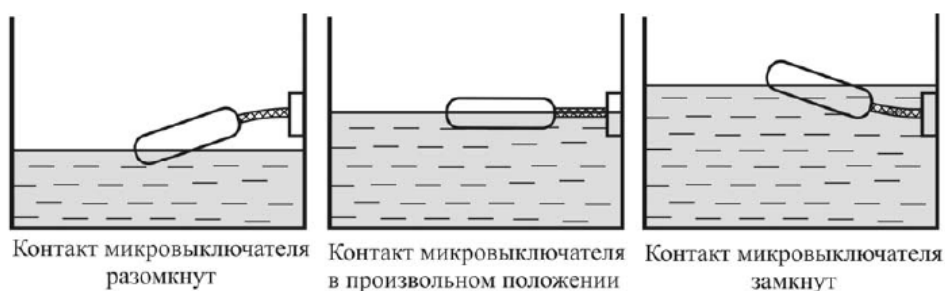


Рисунок 14 – Принцип работы поплавкового сигнализатора

2.7.6 Выбор влагомера

Снижение содержания воды до требуемых пределов является главной целью установки ЭГ, поэтому выбор точного надежного влагомера крайне важен.

Выбор влагомера осуществлялся из следующих вариантов: МВН-1, ВСН-2 и ПВН.615. В результате сравнения данных влагомеров был выбран ВСН 2. Стоит отметить, что представленные в таблице влагомеры не соответствуют требованиям, указанным в п 1.4.1, а именно срок службы и наработке на отказ. Выбранный влагомер ВСН-2-50-60 имеет срок службы 6 лет и среднюю наработку на отказ 15000 ч.

Автоматический поточный микроволновый влагомер товарной нефти ВСН-2 предназначен для установки как на узлах коммерческого учета нефти, так и для контроля влагосодержания на объектах подготовки транспорта нефти и газового конденсата. [6]

Таблица 7. Технические характеристики влагомеров

Технические характеристики	ВСН-2-50-60	МВН-1	УДВН 1-ПМ
Диапазон изм. объемной доли воды, %	0..60	0..10	0..30
Предел абс.	0,8 %	0,01 %	0,1 %

погрешности, %			
Выходной сигнал	4-20mA	4-20mA, RS-485, , RS-232	4-20mA, RS-485
Температура окр. среды	-10..+40	0..+60	+5..+50
Потребляемая мощность (блок обработки), Вт	25	15	20
Стоимость	От 178 тыс. руб	От 1 млн. руб	От 700 тыс. руб



Рисунок 15 – Первичный измерительный преобразователь влагомера
ВСН 2-50



Рисунок 16 – Блок обработки влагомера ВСН 2-50

Принцип действия данной серии влагомеров основан на методе измерения полного комплексного сопротивления первичного преобразователя с протекающей через него водо-нефтяной смесью с последующим преобразованием измеренной величины в цифровой сигнал, далее - в числовое значение влагосодержания (% , об. доля), которое выводится на индикатор блока обработки и внешние устройства регистрации данных.[]

2.7.6 Выбор трансформаторного оборудования

Не менее важной частью системы автоматизации ЭГ является трансформатор, от надежной работы которого зависит качество получаемой обезвоженной нефти.

Для мониторинга основных параметров работы трансформатора был выбран прибор мониторинга температуры трансформатора ТМТ2-30.

Прибор предназначен для использования с трансформаторами с жидким диэлектриком (трансформаторным маслом, и т.п.) с целью оперативного контроля и моделирования температурных параметров трансформатора, управления системой охлаждения, определения остаточного термического ресурса изоляции, сигнализации о превышении температурой заданных уставок, управления заливкой масла контроля утечки масла. []

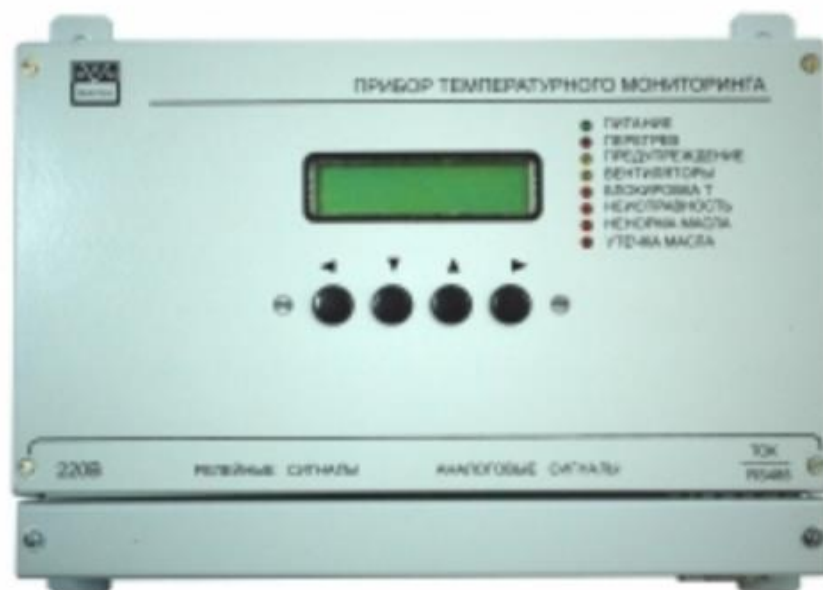


Рисунок 17 – Прибор температурного мониторинга ТМТ 2-30

К основным функциям данного прибора относятся измерение и индикация температуры масла трансформатора, контроль и индикация тока и коэффициента нагрузки, индикация температуры обмотки, и т.д.

Таблица 6. Технические характеристики ТМТ 2-30

Напряжение питания, В	120-340
Температура окр. среды	-20...+50
Степень защиты	IP40
Диапазон изм-ых температур,	-50...+150
Выходной сигнал	4-20мА
Интерфейс	RS-485
Погрешность температуры	вычисления Не более 3

2.8 Выбор управляющего клапана и электропривода

2.8.1 Выбор регулирующего клапана

Выбор надежного регулирующего клапана очень важен, поскольку от его работы зависит поддержание большинства технологических величин в норме.

Для выбора соответствующего клапана необходимо определиться с его пропускной способностью. Пропускная способность рассчитаем по методу согласно РТМ 108.711.02-79:

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * Q_{\max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}}, \quad (1)$$

где Q_{\max} – значение максимального расхода в м³/ч, ρ – плотность среды в кг/м³, ΔP – перепад давления МПа.

Примем Q_{\max} равной производительности ЭГ-200, т.е 200 м³/ч, плотность среды 900 кг/м³, перепад давления 0,5

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * 200 * \sqrt{\frac{900}{0,5}} = 84 \quad (2)$$

С учетом 10% запаса $K_{\mu \max}=93$. Клапан с данной пропускной способностью подойдет для воды и нефти.

В результате в качестве основного ИМ был выбран клапан стальной односедельный 25нж947нж ДУ-80 фланцевый с ЭИМ.

Данный клапан применяется для непрерывного регулирования параметров рабочей среды (давление, температура) путём изменения пропускной способности (расхода) в системах автоматического управления технологическими процессами в химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Стоит отметить, что клапан будет непрерывно подвергаться воздействию коррозионной среды, поэтому в качестве материала для корпуса и уплотнений должна быть использована нержавеющая сталь.

Таблица 7. Технические характеристики клапана 25нж947нж

Напряжение питания, В	120-340
Температура окр. среды	-50..+50
Температура рабочей среды	- 60°С до + 450 °С
Рабочее давление	до 4 МПа;
Рабочий ход плунжера, мм	0-32
Рабочая среда	вода, воздух, пар, аммиак, газ,

	жидкие нефтепродукты и углеводороды
Срок службы	Не менее 10 лет
Наработка на отказ	10000 часов
Условная пропускная способность, куб.м/ч	До 100



Рисунок 14 – Внешний вид клапана 25нж947нж

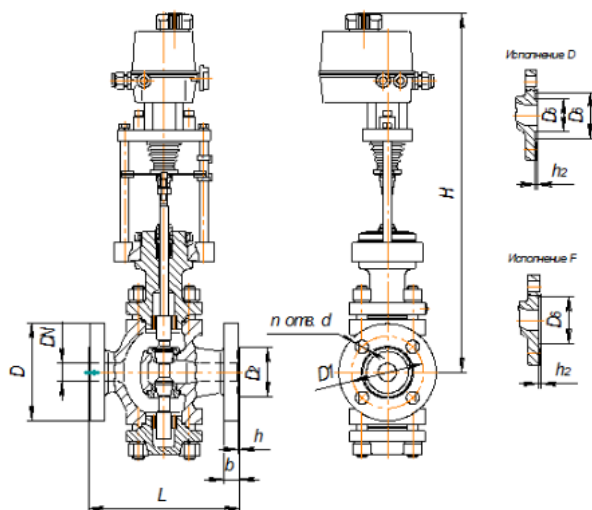


Рисунок 15 – Габаритный чертеж клапана

2.8.2 Выбор электропривода

В качестве электропривода был выбран электропривод прямоходный ST 0, который может поставляться в комплекте с выбранным в п. 2.6.3.1 регулирующим клапаном.

Прямоходный электропривод REGADA ST 0.1 применяется для перемещения различных регулирующих органов и может работать в комплекте с электронными и электрическими регуляторами.



Рисунок 16 – Внешний вид электропривода ST0.1

Таблица 8. Технические характеристики электропривода

Напряжение питания, В	230
Температура окр. среды	-25..+55°C
Степень защиты	IP67
Скорость управления	5-32 мм/мин
Рабочий ход	До 40 мм
Время закрытия	40..60 сек
Управление	3-х позиционное, 0-10В, 4-20мА

2.9 Разработка схемы внешних проводок

Схема соединений и подключений внешних проводок, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.408-2013, приведена в Приложении В.

На схеме представлены подключения всех датчиков, входящих в АСУ. Кабели соединений должны быть негорючими, а также иметь экранирование, что позволит защитить каналы измерений в случае возникновения пожароопасной ситуации и влияния э/м полей. На рисунке 17 представлено строение выбранного кабеля.

В качестве кабеля выбран КВВГЭ нг. Кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика. Электротехнический контрольный кабель КВВГнг предназначен для присоединения к электроаппаратуре, электроприборам.



Рисунок 17 – Строение кабеля КВВГЭ нг

В состав данного кабеля входят жилы, изготовленные из меди. В качестве изоляции, внутренней оболочки и внешней оболочки используются ПВХ из пониженной пожароопасности, а также экран в виде алюминиевой фольги.

Все приборы и клемные коробки из-за соображений безопасности должны быть заземлены.

Схема внешних проводок приведена в Приложении .

2.10 Разработка алгоритмов

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

1. релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК);

2. алгоритмы пуска (запуска)/ остановки технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA).

В данной ВКР разработаны следующие алгоритмы АС:

1. алгоритм сбора данных измерений (канал измерения температуры трансформаторного масла);
2. алгоритм пуска/остановки технологического процесса.

Перечисленные выше алгоритмы выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 19.002.

2.10.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения был выбран канал измерения температуры среды в ЭГ. Алгоритм предусматривает проверку достоверности получаемого сигнала, а также действия при выходе значения за пределы уставок. Алгоритм сбора данных измерений представлен в Приложении Д.

2.10.2 Алгоритм регулирования уровня в ЭГ

Разработанный в ВКР алгоритм пуска/остановки процесса представлен в Приложении Г. В результате сравнения показаний датчиков с установленными для данного процесса уставками формируются управляющие воздействия на ИМ. Выполнение алгоритма обеспечивает поддержание технологических параметров в безопасном диапазоне значений.

2.10.3 Алгоритм управления технологическим параметром

В качестве регулируемого параметра технологического процесса выступает расход пресной воды на входе в ЭГ. Контур регулирования представлен на рисунке 18.

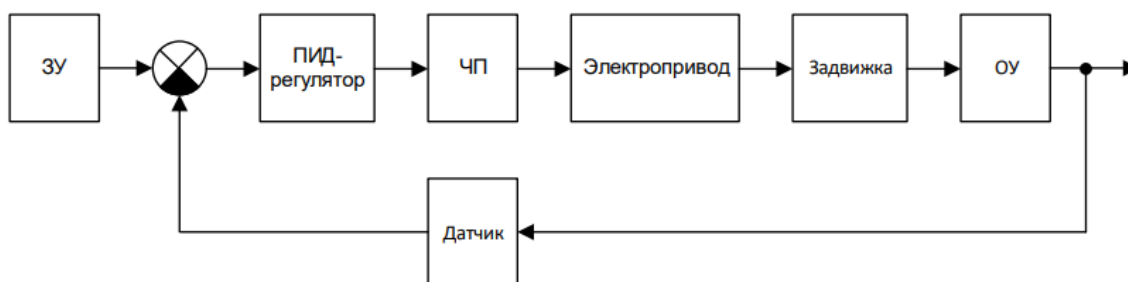


Рисунок 18 – Типовой контур регулирования

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД-регулирования. Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор используется в АСУ для формирования управляющего сигнала.

Алгоритм работы представленной схемы выглядит следующим образом. На вход ПИД-регулятора поступает сигнал, определяющий заданное (нормированное) значение расхода, а также сигнал непосредственно с расходомера. На основании разности этих сигналов, ПИД вырабатывает управляющее воздействие в виде токового сигнала 4-20 мА, поступающего на вход частотного преобразователя.

ЧП, используя переменное напряжение сети и информацию с ПЛК, выдает силовой сигнал на электропривод. Изменяя частоту поступающего на электропривод напряжения, ЧП контролирует скорость его вращения. В свою очередь именно электропривод оказывает непосредственное механическое воздействие на рабочий орган клапана, определяя тем самым расход в трубопроводе.

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения расхода и ИМ (клапаном). Длина участка определяется правилами монтажа соответствующего датчика и ИМ.

Для составления модели в программном пакете MATLAB необходимо записать математическую модель каждого из объектов системы управления.

Таблица 9. Уравнения математической модели

Название объекта	Уравнение
------------------	-----------

ПИД-регулятор	$K_{\Pi} + K_{\text{д}} * \frac{dU_{\text{BX}}}{dt} + K_{\text{и}} * \int U_{\text{BX}} dt$
Частотный преобразователь	$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 \cdot U_3$
Электропривод	$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f$
Клапан	$\frac{dF}{dt} = K_4 \omega$
Трубопровод	$W_{\text{тр}}(s) = \frac{F_{\text{кл}}}{F} = \frac{1}{T_4 \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s}$

Примем максимальный расход пресной воды равным 40 м³/ч.

ЧП, электропривод, клапан и трубопровод описываются апериодическими звеньями первого порядка. Найдем неизвестные коэффициенты.

$$T_1 = 0.1 \text{ с},$$

где T_1 – постоянная времени для ЧП;

$$k_1 = \frac{f}{I} = \frac{50}{16} = 3,125 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}},$$

где k_1 – коэффициент передачи ЧП, f – частота управляющего сигнала, изменяющаяся от 0 до 50 Гц, I – управляющий токовый сигнал;

$$T_2 = 0,20 \text{ с},$$

где T_2 – постоянная времени для электропривода;

$$k_2 = \frac{\omega}{f} = \frac{200}{50} = 4 \frac{\text{Рад/с}}{\text{Гц}},$$

где k_2 – коэффициент передачи электропривода, ω – скорость вращения асинхронного двигателя, входящего в состав электропривода; f – частота подаваемого на двигатель напряжения;

Для более плавного регулирования клапаном необходим понижающий редуктор. Учтем, что время для полного открытия/закрытия задвижки составляет 40 сек.

$$k_{\text{р}} = \frac{2 * \pi i}{w * t} = \frac{6,28}{200 * 40} = 0,000785,$$

где k_p – коэффициент редуктора;

$$k_3 = \frac{F}{w * k_p} = \frac{0,011}{0,157} = 0,07 \frac{\text{м}^3/\text{с}}{\text{рад}},$$

где k_3 – коэффициент передачи клапана, F – расход среды, приходящей на клапан в $\text{м}^3/\text{с}$;

$$T_4 = \frac{2 \cdot l \cdot S_{\text{пл}} \cdot c^2}{Q_{\text{кл}}} = \frac{2l}{Q} \cdot \frac{Q^2 \cdot S_{\text{пл}}}{S_{\text{пл}}^2} \cdot \frac{\rho}{2\Delta p g} = \frac{LQ\rho}{\Delta P \cdot S_{\text{пл}} \cdot g} = \frac{6 \cdot 1000 \cdot 0,011}{0,4 \cdot 101971 \cdot 0,049 \cdot 9,81} = 0,003,$$

где T – постоянная времени для участка трубопровода, l – длина трубопровода, $S_{\text{пл}}$ – площадь поперечного сечения трубы, $P_{\text{кл}}$ – давление после ИМ равное 0,4 МПа

Поскольку длина трубопровода составляет не более 2-3 м транспортное запаздывание не учитывается.

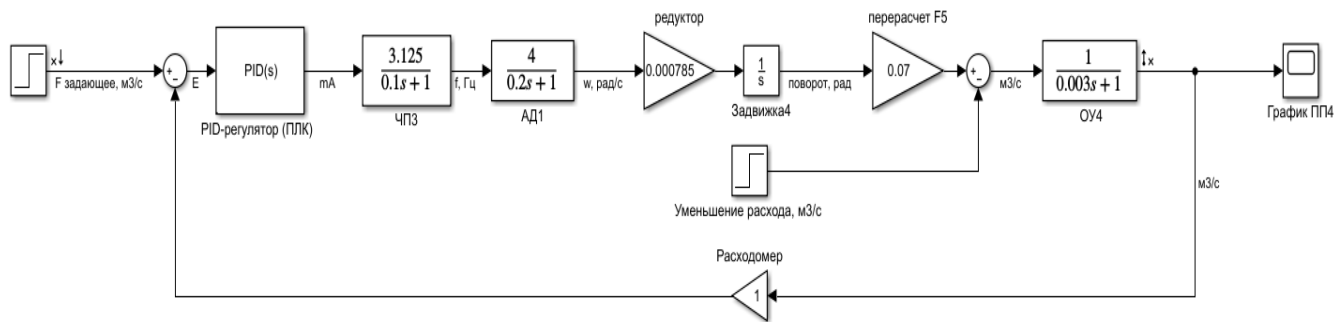


Рисунок 19 – Модель САР расхода

На рисунке 20 представлен переходный процесс изменения расхода ($\text{м}^3/\text{с}$) в трубопроводе. В качестве задающего воздействия был задан расход $0.011 \text{ м}^3/\text{с}$. В модели использовался ПД-регулятор

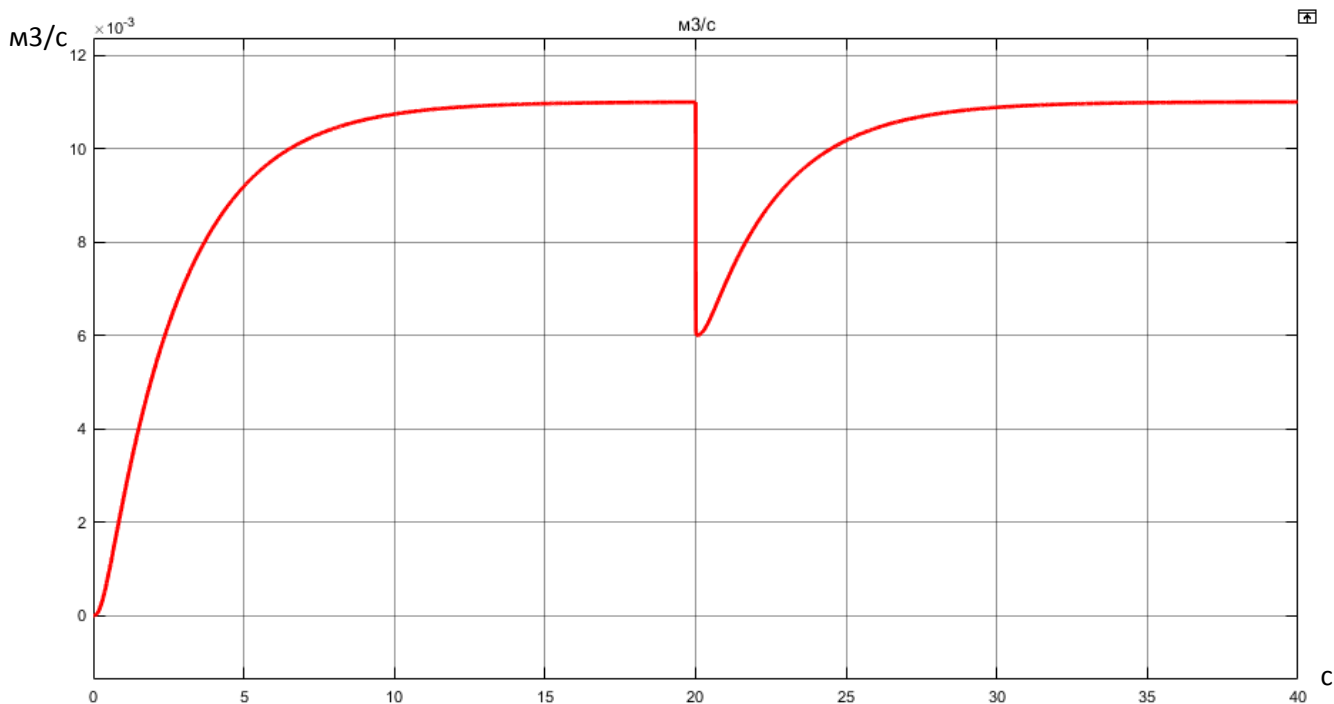


Рисунок 21 – График переходного процесса

Также стоит отметить, что на 15 секунде измерения в систему вводится возмущающее воздействие в виде моментального падения расхода на $0.005 \text{ м}^3/\text{с}$, с которым система справляется за $t=10$ сек. Коэффициенты пид-регулятора: $K_p=346$; $K_d=1$.

Перерегулирование при данных настройках отсутствует, а время переходного процесса составляет порядка 8 секунд.

2.10.4 Алгоритм управления технологическим параметром по статистическим данным

В качестве регулируемого параметра процесса была выбрана концентрация примесей солей в эмульсии. Нахождение данной величины в требуемых пределах является такой же важной функцией электродегидратора как и отделение нефти от воды.

В качестве объекта исследования был выбран ЭГ-200-10 [http://www.himmash.net/ru/products/index.php?SECTION_ID=37&ELEMENT_ID=101], основные параметры которого представлены в таблице .

Таблица 9. Технические параметры ЭГ-200-10

Рабочее давление, МПа	1
Вместимость емкости, м ³	200
Рабочая температура, °С	До 100
Пропускная способность по товарной нефти, т/сут	5000-11500
Мощность электротрансформаторов, кВА	150

Входными параметрами для создания модели будут $Q_{вх}$ – концентрация солей, мг/л; $F_{пр. в.}$ – расход пресной воды, м³/ч. Выходным параметром будет $Q_{вых}$ – концентрация солей, мг/л.

В качестве исходных данных для нахождения вышеперечисленных величин были использованы режимные листы НГДУ “Елховнефть”. Данные представлены в таблице 10.

Таблица 10. Режимный лист

№	$Q_{вх}$	$F_{пр.в}$	$Q_{вых}$
1	29,5	22,8	7,1
2	29,9	22,1	7,6
3	30,2	24,8	6,3
4	33,4	21,1	8,5
5	35,2	19,7	9,6
6	34,6	20,2	9,2
7	36,5	20,3	9,1
8	35,4	19,4	9,8
9	34,9	18,8	10,2
10	33,7	20,5	8,6
11	33,6	19,2	10,1
12	35,1	19,6	9,6
13	35,9	17,8	11,2
14	36,2	17,5	11,6
15	36,4	18,1	10,9
16	36,8	17,7	11,3

17	37,5	17,6	11,6
18	37,6	17,8	11,3
19	37,1	17,3	11,9
20	36,5	17,1	12,3
21	35,4	16,5	12,7
22	35,9	16,4	12,9
23	36,1	17,1	11,9
24	36,5	17,9	10,9
25	34,5	19,5	9,7
26	34,2	19,3	9,8
27	34,9	18,5	10,7
28	33,5	17,9	11,3
29	32,6	19,8	9,5
30	32,8	19,5	9,8
31	32,4	18,9	10,2
32	32,9	19,1	10,1
33	31,5	21,6	8,3
34	31,4	20,4	8,6
35	30,6	22,7	7,1
36	30,7	22,6	7,3
37	30,9	21,8	7,9
38	29,6	24,6	6,8
39	29,4	24,9	6,2
40	32,6	20,1	9,4

Основываясь данных режимного листа можно найти математическую зависимость концентрации соли на выходе (z) от начального ее содержания (x) и расхода пресной воды (y). С помощью программного пакета Simulink получаем график $z(x,y)$. В качестве линеаризованной модели было выбрана полиномиальная зависимость второго порядка.

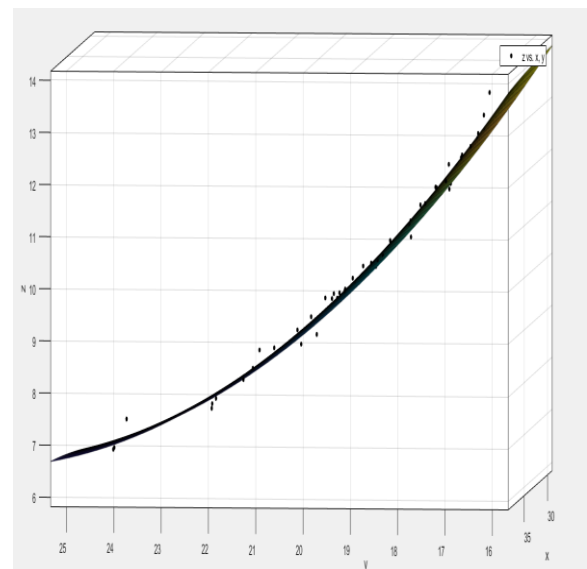
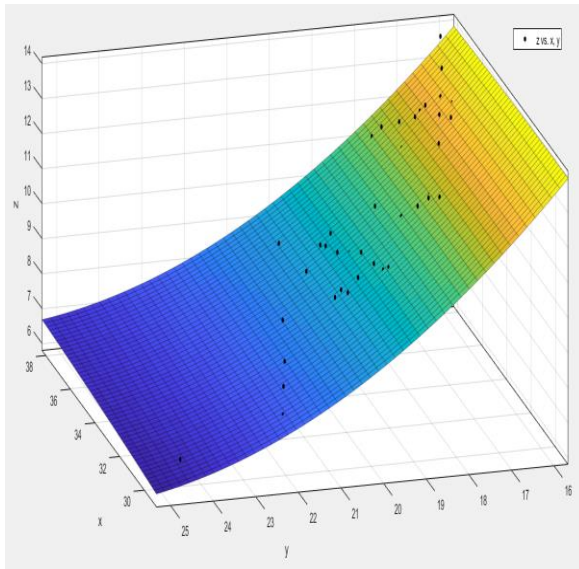


Рисунок 22 – График зависимости $z(x, y)$

С помощью пакета Curve Fitting Toolbox была получена функция исследуемого параметра:

```
Linear model Poly22:
f(x,y) = p00 + p10*x + p01*y + p20*x^2 + p11*x*y + p02*y^2
Coefficients (with 95% confidence bounds):
p00 = 51.39 (-10.96, 113.7)
p10 = -0.004027 (-2.442, 2.434)
p01 = -3.402 (-5.724, -1.08)
p20 = -0.001813 (-0.0266, 0.02297)
p11 = 0.006982 (-0.03531, 0.04927)
p02 = 0.05846 (0.03429, 0.08264)
```

Рисунок 23 – Параметры функции $z(x, y)$

$$f(Q_{\text{вх}}, F_{\text{пр.в}}) = 51,39 - 0,004027 * Q_{\text{вх}} - 3,402 * F_{\text{пр.в}} - 0,001813 * Q_{\text{вх}}^2 + 0,006982 * Q_{\text{вх}} * F_{\text{пр.в}} + 0,05846 * F_{\text{пр.в}}^2 \quad (3)$$

Чтобы убедиться в корректности полученного приближения, произведем оценку адекватности модели путем нахождения критерия Фишера.

Находим среднюю дисперсию табличных данных по формуле:

$$A = \frac{\sum_1^n (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1} = \frac{\sum_1^{60} (Y_i - \bar{Y})^2}{59} = 3,587, \quad (4)$$

где Y_i – значение i -ой точки, $\bar{Y} = \frac{\sum_1^n Y_i}{N}$ – среднее значение, N – количество измеренных точек.

По формуле (3) вычисляем значение функции $f(Q_{\text{вх}}, F_{\text{пр.в}})$ во всех точках.

Вычисляем остаточную дисперсию:

$$B = \frac{\sum_i^n (A_i - f_i)^2}{N - (k+1)} = \frac{\sum_1^{60} (A_i - f_i)^2}{57} = 0,025, \quad (5)$$

где $k=2$, так как выбрано приближение второго порядка.

Находим дисперсию адекватности:

Определяем критерий Фишера:

$$F = \frac{A}{B} = \frac{3,587}{0,025} = 143,48$$

$F_{\text{табл}}=1,547$. Поскольку найденный F значительно больше чем $F_{\text{табл}}$, то можно сделать вывод о том, что модель адекватна и ее можно использовать для различных исследований и расчетов.

Процесс регулирования концентрации солей подразумевает управление расходом пресной воды, которое будет происходить за счет регулирующего клапана, получающего сигналы от ПЛК. Для этого необходимо определиться с выбором клапана, а также зависимостью между его рабочим ходом (ходом штока) и пропускной способностью.

Для расчета необходимых параметров и выбора регулирующей арматуры необходимо воспользоваться РТМ 108.711.02-79 “Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики”.

Для определения максимальной пропускной способности воспользуемся формулой:

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * Q_{\max} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}, \quad (6)$$

где Q_{\max} – значение максимального расхода в $\text{м}^3/\text{ч}$, ρ – плотность среды в $\text{кг}/\text{м}^3$, ΔP – перепад давления МПа.

Примем $Q_{\max} = 25$, $\rho = 900$ и $\Delta P = 0,5$.

$$K_{\mu \max} = 10^{-2} * 25 * \sqrt{\frac{900}{0,5}} = 11,16$$

Исходя из полученного значения максимальной пропускной способности выбирается коэффициент объемного расхода жидкости, проходящей через клапан с запасом от 10 до 30%. Примем $K_{vs} = 12,5$.

Найдем зависимость расхода от величины хода плунжера, имеющего линейную пропускную характеристику.

$$Q = \frac{\Phi \cdot K_{vs}}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}} = \frac{(0,0183 + 0,9817 \cdot h) \cdot 12,5}{10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{900}{0,5}}},$$

где $\Phi = 0,0183 + 0,9817 \cdot h$ для линейной расходной характеристики,

$$K_{\mu \max} = K_{vs} \cdot \Phi.$$

На рисунке 24 представлена зависимость пропускаемого клапаном объема среды от процента открытия штока.

Открытие штока, %	Пропускаемый объем, м3/ч
0,1	3,431530284
0,2	6,323891646
0,3	9,216253009
0,4	12,10861437
0,5	15,00097574
0,6	17,8933371
0,7	20,78569846
0,8	23,67805982
0,9	26,57042119
1	29,46278255

Рисунок 24 – Тарировочная таблица

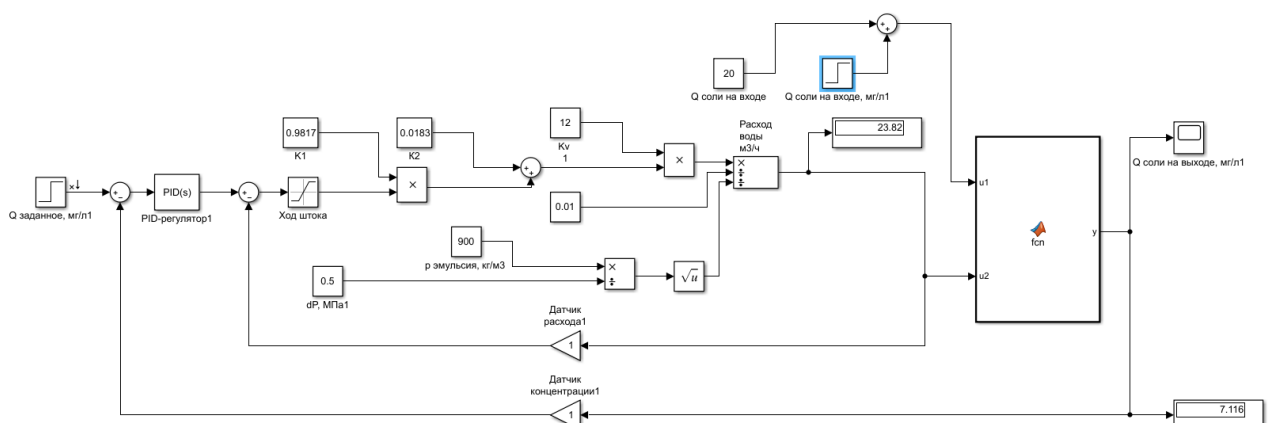


Рисунок 25 – Модель управления концентрацией в Simulink

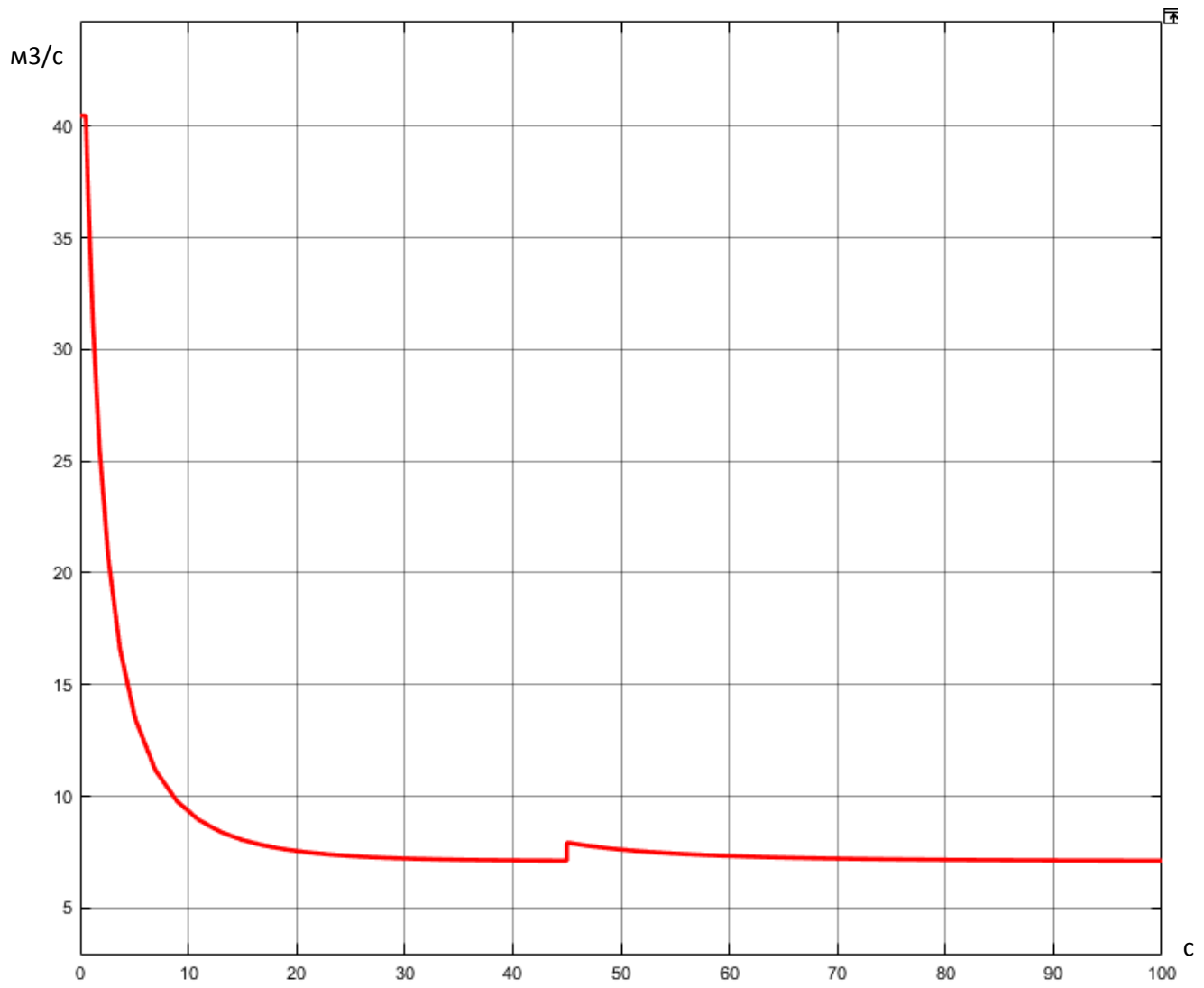


Рисунок 26 – График переходного процесса $Q_{\text{вых}}$

На графике представлена динамика изменения концентрации солей на входе при требуемом значении 7,1 мг/л. Также на 45-ой секунде в систему было введено возмущение, представленное моментальным возрастанием количества соли в эмульсии, поступающей на вход ЭГ, размером в 40 мг/л.

По графику можно определить, что время переходного процесса для установления начальной концентрации составляет порядка 20 секунд, а перерегулирование в данном случае отсутствует. Также необходимо внести ограничения в блок “ход штока”, поскольку максимальный расход, используемый при расчетах, равен 25 м³/ч.

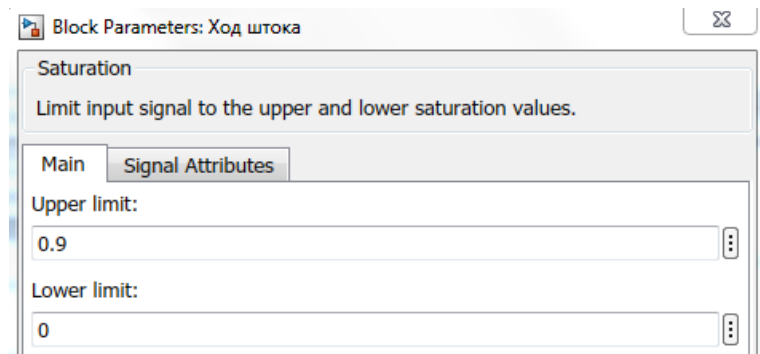


Рисунок 27 – Настройка хода штока

В блок “MATLAB Function2” записывается выражение (3).



```

MATLAB Function2
1 function y = fcn(u1, u2)
2
3 y = 51.39+(-0.004027)*u1+(-3.402)*u2+(-0.001813)*u1^2+0.006982*u1*u2+0.05846*u2^2;

```

Рисунок 28 – Описание блока “MATLAB Function2”

2.11 Разработка экранных форм

Управление и мониторинг технологических процессов реализован с использованием SCADA-системы TIA Portal. Она предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении. Работает с оборудованием различных производителей с поддержкой OPC-технологии. Выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет набор драйверов или серверов ввода/вывода.






2.11.1 Дерево экранных форм

В таблицах 10 и 11, приведенных ниже, будут указаны все цвета, используемые в разработанной SCADA-системе.

Таблица 10. Кодировки используемых цветов

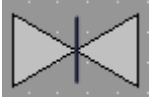

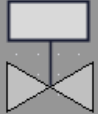
Цвет	Название	Код RGB
	Коричневый	153, 51, 0
	Черный	24, 28, 49
	Серый	150, 150, 150
	Синий	0, 0, 255
	Желтый	255, 255, 0
	Зеленый	0, 255, 0
	Голубой	51, 204, 255
	Темно-коричневый	101, 67, 33
	Красный	255,0,0



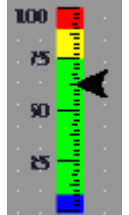

Таблица 11. Цветовое кодирование среды в трубопроводах

Наименование продуктопровода	Цвет	
Вода на БКНС		Синий
Водонефтяная эмульсия		Темно-коричневый
Нефть		Коричневый
Вода пресная		Голубой
Провода электрические		Черный

В таблице 12 приведены все условные обозначения, использованные в SCADA-системе.

Таблица 12. Условные обозначения

Обозначение	Описание
	Вентиль (ручной)
	Электродегидратор горизонтальный
	Поле для изменения % открытия клапана
	Клапан регулирующий (с электроприводом)

	Задвижка (с электроприводом)
	Поле выходных значений
	Шкала для отображения уровня
	Поле с обозначением измеряемой величины

Цветовое кодирование запорной арматуры:

Зеленый – клапан открыт;

Желтый – клапан закрыт;

Мигающий зеленый – открытие/закрытие клапана;

Красный – состояние неопределено (нет сигнала).

Цветовое кодирование полей выходных значений:

Зеленый – рабочее значение сигнала;

Желтый – значение сигнала достигло верхнего (нижнего) допустимого значения;

Красный – значение сигнала достигло верхнего (нижнего) аварийного значения;

Серый – значение неопределено (обрыв линии).

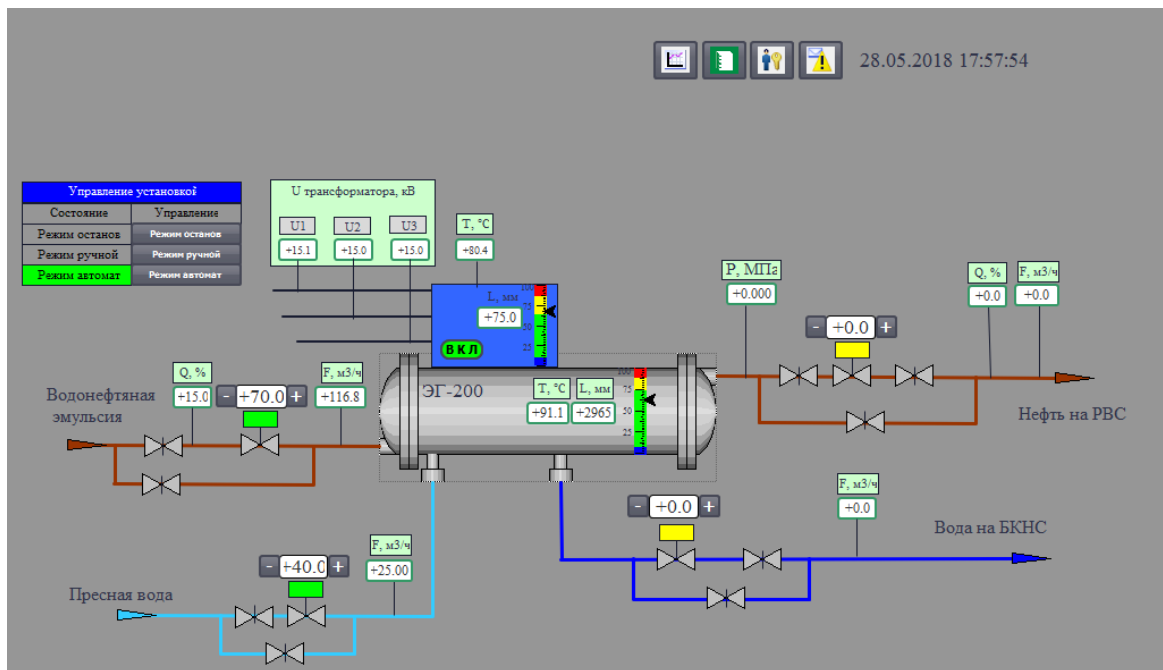


Рисунок 29 – Основной экран SCADA-системы

Помимо основного экрана технологического процесса, SCADA-система должна поддерживать вывод трендов любого из технологических параметров в любой момент времени. Окно с выводом трендов представлено на рисунке 30.

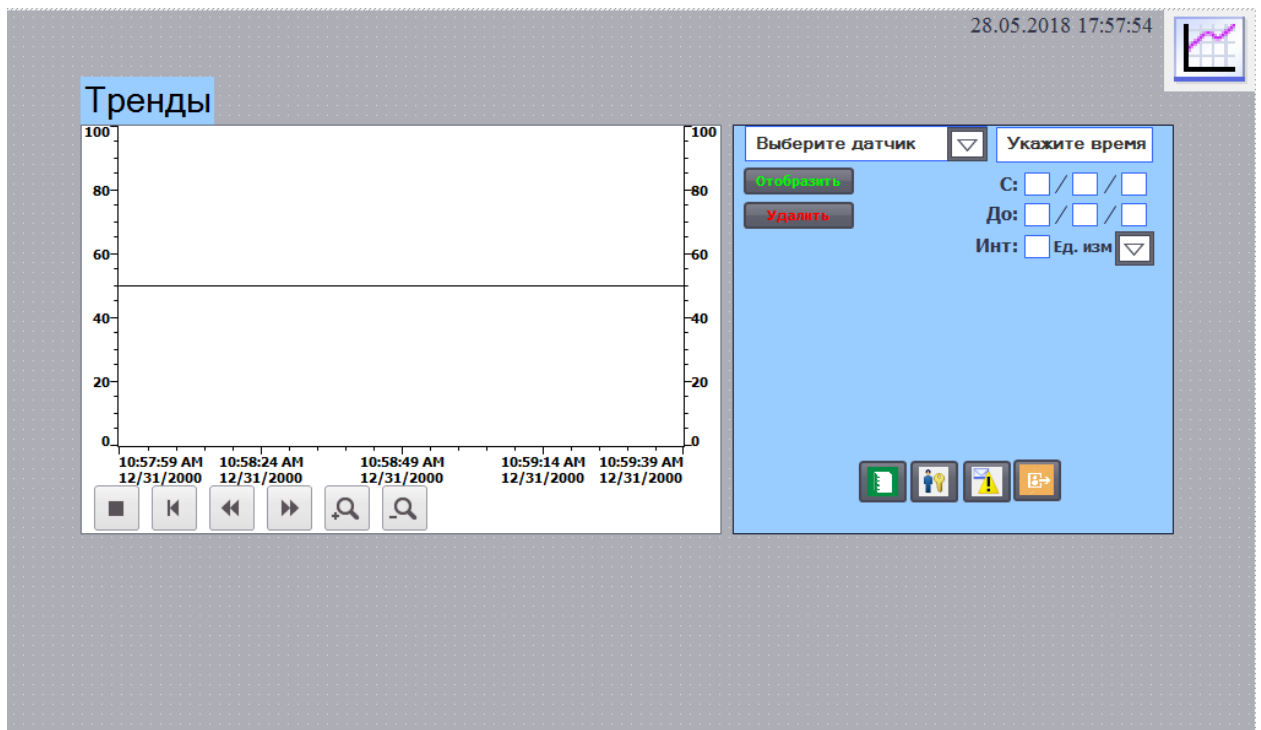


Рисунок 30 – Окно трендов

Журнал сообщений является дополнительным инструментом, который в режиме реального времени отображает текущую информацию о

всех изменениях состояния объекта, а также возникновении аварийных ситуаций. Кроме того, возможность просмотра журнала в любой момент времени и сохранение событий в текстовом формате позволяет формировать отчеты, помогающие при анализе причин произошедших аварий, остановок оборудования и т.п. Интерфейс окна “журнал сообщений” представлен на рисунке 31.

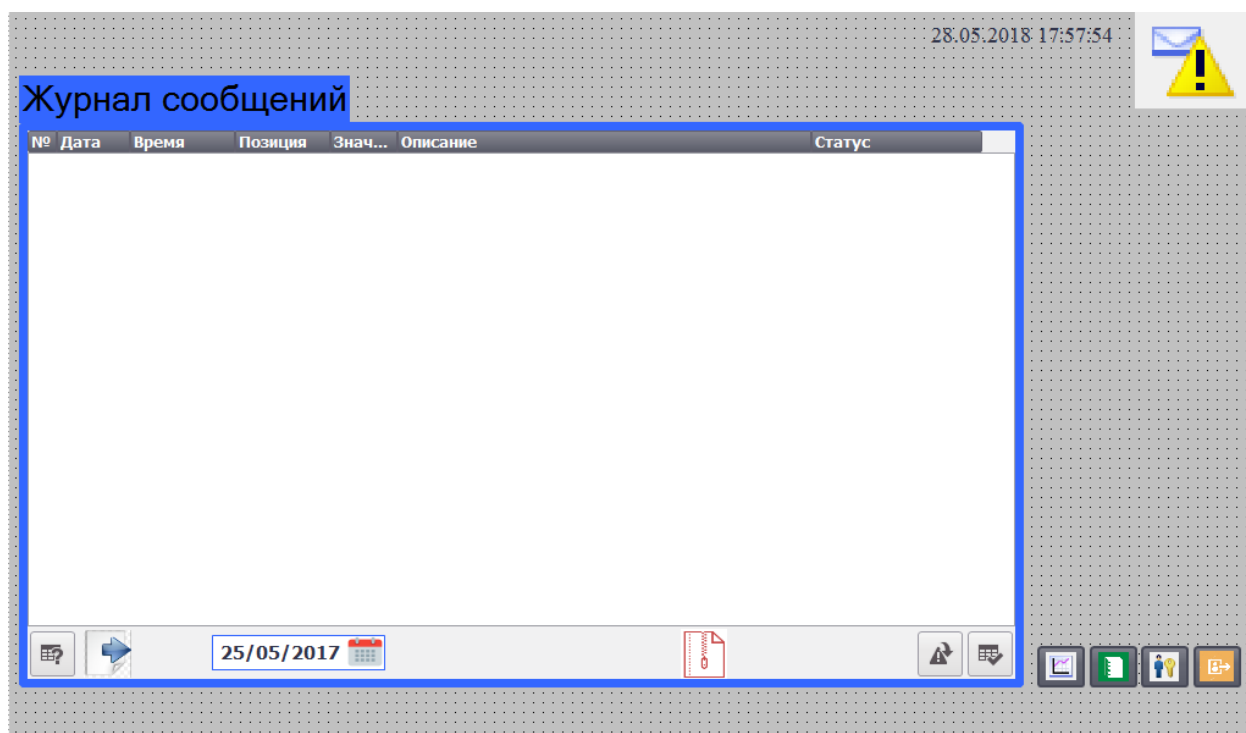


Рисунок 31 – Журнал сообщений

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Малярову Дмитрию Владимировичу

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Изучение информации, представленной в различных публикациях, нормативно-правовых документах, изданиях.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоёмкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ
4. График проведения и бюджет НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Маляров Дмитрий Владимирович		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

В настоящее время такое понятие как коммерческая ценность разработки является одним из важнейших факторов, определяющим насколько перспективно и ценно будет научное исследование на первых этапах жизненного цикла научного исследования. Именно коммерческая ценность выступает необходимым условием при поиске финансирования для проведения различных испытаний и внедрения разработки в производство.

Необходимо учесть, что коммерческий потенциал исследования будет зависеть от того, насколько технические параметры данной разработки лучше аналогичных конкурентных разработок, а также понимание таких вопросов как: минимально необходимое время для выхода на рынок, какова цена продукта, в каких сегментах рынка он будет наиболее востребован.

Главной целью создания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание разработки, проекта, соответствующего требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения и являющегося конкурентноспособным на рынке в текущее время.

3.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия, специализирующиеся на разработке АСУ ТП и внедрении их в производство. Разработанная в ВКР система управления электродегидратором рассчитана преимущественно на средние и крупные предприятия.

В таблице 12 приводятся основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами

обозначены компании: «А» - ООО «Элком+», «В» - ООО «Автоматизация производств», «С» - АО «ЭлеСи».

Таблица 12. Сегментирование рынка

		Вид деятельности		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер компании	Крупные	С	В	С
	Средние	А,В,С	А,В	А,С
	Мелкие	А,В,С	А,В	А,С

Исходя из анализа карты сегментирования, можно сделать вывод о том, что разработка SCADA-системы и выполнение строительно-монтажных работ являются наиболее предпочтительным объектом для разработок среди крупных и средних компаний.

3.3 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве.

Компания ООО Элком+ является одной из компаний, занимающейся разработкой АСУ для таких предприятий как ПАО «Газпром» и ПАО НК «Роснефть». Компания также осуществляет предпроектное обследование и разработку проектной и рабочей документации. Располагается в г. Томске.

Также одним из конкурентов может быть ООО «ТелеСистемы». Данная компания имеет широкую специализацию в разработке АСУ для самых разных задач. Располагается в г. Екатеринбург.

В таблице 13 отражена оценочная карта для сравнения разработок конкурентов: Бк1 – «Элком+», Бк2 – «ТелеСистемы».

Таблица 13. Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,12	4	4	5	0,48	0,48	0,60
Удобство использования	0,14	4	4	4	0,56	0,56	0,56
Безопасность	0,15	4	4	4	0,45	0,60	0,60
Улучшение производительности	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
Минимизация ошибок учета	0,10	4	3	4	0,40	0,30	0,40
Ремонтопригодность	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
Послепроектное сопровождение	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
Цена	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
Конкурентоспособность	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
Итого	1				4,01	4,15	4,03

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i \quad (6)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки, В_і – вес показателя (в долях), В_і – балл і-го показателя.

Исходя из расчетов следует вывод, что проект может оказать конкуренцию в цене, улучшении производительности и удобстве использования. Однако проект обладает слабой позицией в плане ремонтопригодности и послепроектного сопровождения.

3.4 Технология QuaD

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 14.

Таблица 14. Оценочная карта QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешанное значение (5x2)
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Надежность	0,12	70	100	0,7	0,084
Удобство использования	0,14	75	100	0,75	0,105
Безопасность	0,15	85	100	0,85	0,1275
Улучшение производительности	0,18	90	100	0,90	0,162
Минимизация ошибок учета	0,10	65	100	0,65	0,065
Ремонтопригодность	0,09	70	100	0,70	0,063
Экономические критерии оценки эффективности					
Послепроектное сопровождение	0,09	70	100	0,70	0,063
Цена	0,07	80	100	0,80	0,056
Конкурентоспособность	0,06	65	100	0,65	0,039
Итого	1				0,7645

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum P_i * 100, \quad (7)$$

где $P_{ср}$ – средневзвешанное значение показателей качества и перспективности научной разработки; P_i – средневзвешанное значение показателя. Значение $P_{ср}$ отражает перспективность разработки:

$$П_{ср} = \sum P_i * 100 = 76,45 \quad (8)$$

Значение $P_{ср}=76,45$ показывает, что проект обладает перспективностью выше среднего, что позволяет говорить о дальнейшей возможности работы над проектом и его улучшении.

3.5 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 15. SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Не требуется уникальное оборудование.</p> <p>С2. Наглядность интеллектуального интерфейса.</p> <p>С3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика.</p> <p>С4. Снижение трудозатрат персонала</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. “Новичок” на рынке разработчиков АСУ</p> <p>Сл2. Применение только в нефтегазовой отрасли</p> <p>Сл3. Длительный срок поставки необходимого оборудования</p>
Возможности		

В1. Разработка новых, усовершенствованных проектов на базе “старых” В2. Сотрудничество с компаниями-разработчиками АСУ В3. Увеличение клиентской базы		
Угрозы: У1. Конкуренция с другими разработчиками АСУ У2. Срыв поставок оборудования		

Для выявления сильных и слабых сторон НИП внешних условий окружающей среды требуется построить интерактивную матрицу.

Таблица 16. Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	0	0	+	-
	B2	0	0	0	0
	B3	0	+	+	+

Таблица 17. Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	0
	B2	+	0	0
	B3	0	0	0

Таблица 18. Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	0	0	-
	У2	0	-	+	-

Таблица 19. Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+

Итоговая матрица SWOT будет выглядеть следующим образом.

Таблица 20. Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Не требуется уникальное оборудование.</p> <p>С2. Наглядность интеллектуального интерфейса.</p> <p>С3. Возможность перестройки системы в соответствии с</p>	<p>Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. “Новичок” на рынке разработчиков АСУ</p> <p>Сл2. Применение только в нефтегазовой отрасли</p> <p>Сл3. Длительный срок поставки необходимого оборудования</p>
--	--	--

	требованиями заказчика. С4. Снижение трудозатрат персонала	
<p>Возможности</p> <p>В1. Разработка новых, усовершенствованных проектов на базе “старых”</p> <p>В2. Сотрудничество с компаниями-разработчиками АСУ</p> <p>В3. Увеличение клиентской базы</p>	<p>В1С3 – увеличение числа разработок</p> <p>В3С2С3С4 – повышение качества продукции</p>	<p>В1В2Сл1 – повышение известности</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Конкуренция с другими разработчиками АСУ</p> <p>У2. Срыв поставок оборудования</p>	<p>У2С3 – индивидуальный подход к клиентам, проверка правильного заполнения плана закупок.</p>	<p>У1Сл1 – нехватка клиентов на начальных этапах.</p> <p>У2Сл3 – возможные срывы сроков работы</p>

3.6 Планирование научно-исследовательских работ

3.6.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 21. Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Определение целей, задач, исходных данных	1	Выбор темы ВКР	Студент
	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель Студент
	4	Разработка календарного плана	Студент
Разработка АСУ	5	Описание технологического процесса	Студент
	6	Подбор СИ и контроллерного оборудования	Студент
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации	Студент
	8	Разработка структурной схемы, схемы соединения внешней проводки, схемы информационных потоков	Студент
	9	Разработка экранных форм	Студент
	10	Разработка алгоритмов управления системы	Студент
	11	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность»	Студент

		и ресурсосбережение»	
	12	Написание раздела «социальной ответственности»	Студент
	13	Проверка работы с руководителем	Руководитель Студент
Оформление отчета	14	Составление пояснительной записки	Студент
	15	Подготовка презентации дипломного проекта	Студент

3.6.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t = \frac{3*t_{\min i} + 2*t_{\max i}}{5},$$

где t_{\min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.; t_{\max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни, $T_{\text{вых}}$ – выходные дни, $T_{\text{пр}}$ – праздничные дни.

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 52 - 12) = 1,21$.

Таблица 22. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, Т _{pi}	Длительность работ в календарных днях, Т _{ki}
	t min, чел-дни		t max, чел-дни		t _{ож} i , чел-дни			
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
Выбор темы ВКР	3	0	7	0	4,6	0	4,6	5,52
Составление и утверждение технического задания	6	3	14	6	9,2	4,2	9,2	11,04
Подбор и изучение материалов по теме	21	3	30	7	24,6	4,6	24,6	29,52
Разработка календарного плана	2	0	3	0	2,4	0	2,4	2,88
Описание технологического процесса	2	0	4	0	2,8	0	2,8	3,36
Подбор СИ и	7	0	14	0	9,8	0	9,8	11,76

контроллерного оборудования								
Разработка функциональной схемы автоматизации	7	0	10	0	8,2	0	8,2	9,84
Разработка структурной схемы, схемы соединения внешней проводки, схемы информационных поток	5	0	7	0	5,8	0	5,8	6,96
Разработка экранных форм	5	0	7	0	5,8	0	5,8	6,96
Разработка алгоритмов управления системы	3	0	7	0	4,6	0	4,6	5,52
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	5	0	6	0	5,4	0	5,4	6,48
Написание раздела «социальной ответственности»	4	0	5	0	4,4	0	4,4	5,28
Проверка работы с руководителем	3	3	5	5	3,8	3,8	3,8	4,56
Составление пояснительной записки	3	0	7	0	4,6	0	4,6	5,52
Подготовка презентации дипломного проекта	1	0	3	0	1,8	0	1,8	2,16
Итого								117,36

3.6.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 22 создадим диаграмму Ганта (желтый цвет – работа студента совместно с руководителем, фиолетовый – работа студента).

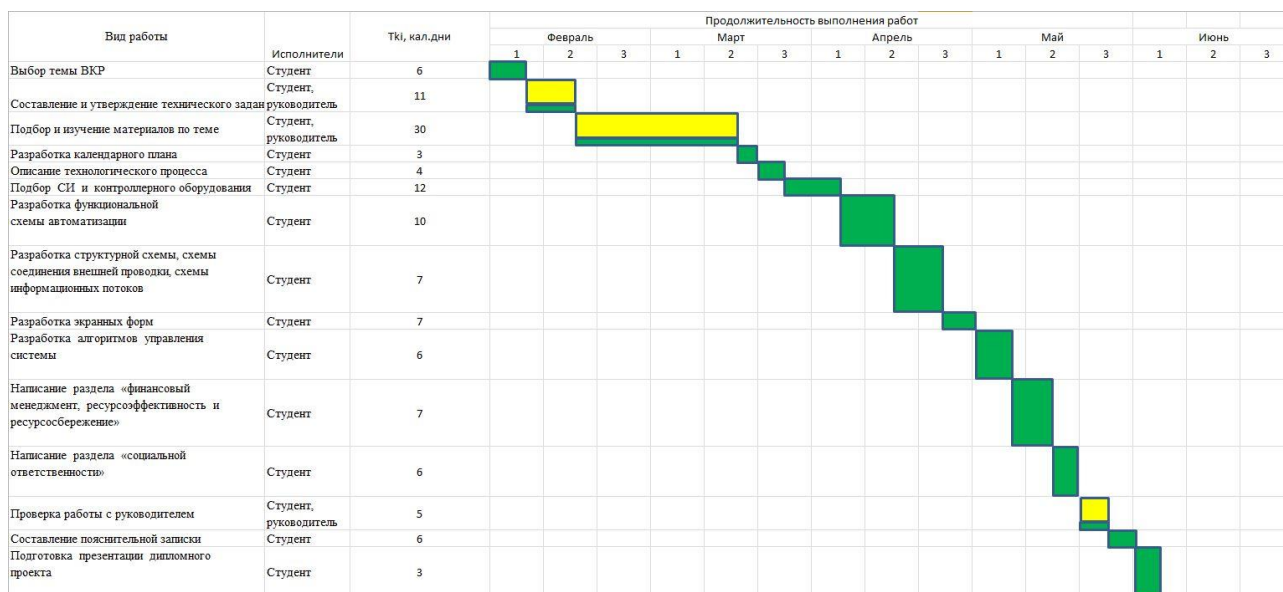


Рисунок 31 – Диаграмма Ганта

3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.7.1 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 11 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат также учитывается транспортные расходы и расходы (величина k_T) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi},$$

где $N_{расх}$ – количество видов материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

Таблица 23. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы	
		Рук.	Студ.	Рук.	Студ.	Рук.	Студ.
Ноутбук (ПК)	Шт.	1	1	40000	40000	48000	48000
Принтер	Шт.	1	1	2700	2700	3240	3240
Мышь	Шт.	1	1	500	500	600	600
Бумага	Пачка	1	1	250	250	300	300
Шариковая ручка	Шт.	2	2	20	20	48	48
Итого:						52188	52188

3.7.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения (ОПС-сервера) необходимого для функционирования АСУ. В таблице 16 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 24. Затраты на специальное оборудование

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
ОПС-сервер Lectus	1	4 800,24 руб.	4 800,24 руб.
Итого			4 800,24 руб.

3.7.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$). Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле :

$$З_{дн} = \frac{З_{м} * М}{F_{д}},$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $М$ – кол-во месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 72 раб. дней $М = 9,6$; $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. (таблица 16).

Таблица 25. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} * (1 + k_{пр} + k_{д}) * k_{р} ,$$

$Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 от $Z_{\text{тс}}$; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{\text{тс}}$); $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент (1,3 для Томска).

В таблице 26 приводится расчет основной заработной платы.

Таблица 26. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{р}}$, руб	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	13000	1,3	25350	1331,5	15	19972,5
Студент	2300	1,3	4485	247,5	117,36	29046,6

3.7.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} ,$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем $k_{\text{доп}}=0,15$. Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены ниже.

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 * 19972,5 = 2995,875 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 * 29046,6 = 4357 \text{ руб.}$$

3.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) ,$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и пр.).

Таблица 27. Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Преподаватель	19972,5	2995,875
Студент	29046,6	4357
Отчисления во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Преподаватель	6890,34	
Студент	10021,08	

3.7.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попадающие в предыдущие статьи расходов: ксерокопирование материалов исследования, печать, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{\text{нр}}$$

Коэффициент накладных расходов принимается равным 16%.

3.7.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 28. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Студент	Руководитель	
Материальные затраты НТИ	52118	52118	
Затраты на специальное оборудование для	4800	-	

научных (эксперимен- тальных) работ			
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	29046	19972	
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4357	2995	
Отчисления во внебюджетные фонды	6890	10021	
Накладные расходы	15553	13617	
Бюджет затрат НТИ	112764	98723	

3.7.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Φ_{max} зависит от сложности проекта для которого разрабатывается АСУ. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта АСУ ЭГ в компании “Элком+”, равняется 100 тыс. руб, в компании “ТелеСистемы” 110 тыс. руб, у студента с руководителем на 20-30% дешевле, т.е 70 тыс. руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.студент}} = \frac{70000}{110000} = 0,64$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.элком+}} = \frac{100000}{110000} = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.ТелеСистемы}} = \frac{110000}{110000} = 1$$

Таблица 29. Расчет показателей

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент	Элком+	ТелеСистемы
Способствует росту производительности труда	0,3	5	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	4	5	5
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

$$I_{\text{студент}} = 4,3; I_{\text{элком+}} = 4,85; I_{\text{телесистемы}} = 4,65.$$

Определим интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{\text{исп.}i}$:

$$I_{\text{исп.студент}} = \frac{4,3}{0,64} = 6,72$$

$$I_{\text{исп.элком+}} = \frac{4,85}{0,91} = 5,33$$

$$I_{\text{телесистемы}} = \frac{4,65}{1} = 4,65$$

Определим сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}1} = \frac{4,65}{6,72} = 0,69$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{5,33}{6,72} = 0,79$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{6,72}{6,72} = 1$$

Таблица 30. Рассчитанные показатели ресурсоэффективности

Показатель	Исп1	Исп2	Исп3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,64	0,91	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,85	4,65
Интегральный показатель эффективности	6,72	5,33	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,79	0,69

Из полученных результатов видно, что разработанный проект эффективен на фоне конкурентов. Несмотря на небольшое отставание в плане ресурсоэффективности, проект опережает конкурентов в финансовом аспекте.

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Малярову Дмитрию Владимировичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Задачей автоматизированной системы управления является поддержание уровня смеси в электродегидраторе. Вредные факторы, возникающие в связи с внедрением АСУ: повышенный уровень электромагнитного излучения и шума. Опасными факторами являются: поражение электрическим током, возникновение пожара или взрыва.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ вредных и опасных факторов, оказывающих влияние на работников в связи с внедрением АСУ	Приведен перечень факторов, оказывающих влияние на персонал во время его работы с оборудованием АСУТП.
2. Производственный шум	Рассмотрено влияние шума на человека, оценено влияние на уровень шума со стороны АСУ, даны рекомендации по снижению уровня шума.
3. Электромагнитное излучение	Изучены нормы электромагнитного излучения, вклад АСУ в долю излучения, а также способы защиты и уменьшения влияние э/м излучения.
4. Электробезопасность	Оценено влияние АСУ на риск поражения током персонала. Предложены рекомендации, позволяющие свести данный риск к минимуму.
5. Пожарная безопасность	Оценено влияние АСУ на риск возникновения пожара. Рассмотрены алгоритмы, приводящие к минимизации данного риска.
6. Экологическая безопасность	Рассмотрено влияние АСУ на предотвращение утечек нефти и газа.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Маляров Дмитрий Владимирович		

4 Социальная ответственность

В данном разделе ВКР будет проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут оказывать влияние на работу персонала, в

частности на оператора АСУ ТП и слесаря КИПиА, в связи с внедрением на производство электродегидрататора и автоматизированной системы управления. Также будет рассмотрено рабочее место персонала, которое должно быть оборудовано необходимой техникой в связи с внедрением АСУ.

Также будут разработаны меры по защите и снижению негативного влияния производственных факторов для рабочего места оператора согласно требованиям, а также даны рекомендации для создания благоприятных условий труда и охраны окружающей среды.

В связи с внедрением АСУ обслуживающий персонал будет работать с таким оборудованием как ПЭВМ, измерительные устройства (датчики), регулирующие клапаны и ПЛК.

При работе с вышеприведенным оборудованием человек подвергается различным воздействиям таким как:

- Отклонения значений температуры и влажности от нормы
- Недостаточная освещенность
- Повышенный уровень шума и вибрации
- Повышенный уровень электромагнитного излучения
- Поражение током

4.1 Анализ вредных и опасных факторов

Оценка влияния различных факторов будет производиться исходя из того, что работа инженера относится к категории 1а согласно ГОСТ 12.1.005-88. Производственную деятельность рабочий как правило осуществляет в помещении площадью 15-20 м², в котором находятся несколько ПК для мониторинга процесса. Таким образом, требования по безопасности при работе с ПК, уровню шума, освещенности и т.д. будут устанавливаться согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".

4.2 Производственный шум

Требования к уровню шума содержатся в СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки”.

Шум крайне неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывая головную боль, раздражительность и снижение внимания, что может привести к ошибочным действиям и травмам персонала. Шум угнетает центральную нервную систему (ЦНС), вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний[]. Постоянная работа в условиях повышенного уровня шума может привести к развитию таких профессиональных заболеваний как глухота и тугоухость.

Согласно СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 максимально допустимый уровень шума для работ категории 1а составляет 80дБА.

Во внедряемой системе единственным источником шума являются клапана и задвижки с электроприводом. Однако создаваемый ими уровень шума значительно меньше шума, создаваемого, например, насосными станциями. Следовательно, при работе с АСУ ЭГ специальные защитные средства не требуются.

Однако необходимо принять во внимание тот факт, что при неисправности оборудования возможно появление посторонних шумов, которые могут превысить нормируемое значение, в таком случае необходимо определить причину неисправности и устранить ее в кратчайшие сроки.

4.3 Электромагнитное излучение

Допустимые нормы электромагнитного излучения устанавливаются в СанПиН 2.2.4.3359-16.

Внедрение АСУ предполагает, что рабочее помещение, в котором будет находиться персонал, обслуживающий установку ЭГ, оборудуется несколькими ПК для мониторинга процесса.

Большую часть рабочего времени персонал (операторы АСУ ТП) находятся в своих рабочих помещениях, в которых находится большое количество ПК, являющихся сильным источником э/м излучения. В результате продолжительной работы за компьютером повышается утомляемость работника, снижается реакция, ухудшается зрение. Кроме того сильный э/м фон в будущем может стать причиной развития онкологических заболеваний.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах представлены в таблице 31.

Таблица 31. Допустимые уровни ЭМП

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность эл. поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магн. поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Способы защиты и уменьшение влияния э/м излучения:

- 1) Уменьшение времени нахождения человека в зоне э/м излучения. Например, необходимо делать перерывы на 10-15 мин каждые 45-60 мин, если работа требует постоянного взаимодействия с монитором.
- 2) Увеличение расстояния от источника э/м излучения. Монитор ПК располагать на расстоянии 60-70 см от пользователя, но не ближе 50 см.

4.4 Электробезопасность

Электробезопасность согласно ГОСТ 12.0.003-2015 относится к опасным факторам производства. Главными причинами электротравматизма являются:

- 1) Случайное прикосновение к токоведущим частям;
- 2) Появление напряжения на оборудовании вследствие повреждения изоляции;
- 3) Появление напряжения на установке, где работают люди, вследствие ошибочных действий персонала;
- 4) Удар током при освобождении человека, находящегося под напряжением.

Поражение током опасно для человека, поскольку оказывает на него многостороннее воздействие. Во всех случаях поражением током вызов врача обязателен.

Датчики и реле работают от постоянного тока под напряжением от 12 до 36В. Для защиты от статического электричества корпуса датчиков заземляются. Также для предотвращения возникновения дуги в реле рекомендуется использовать реле дуговой защиты.

Исполнительные устройства и ПЛК вместе с дополнительным оборудованием (модули ввода/вывода, модуль связи и т.п.) питаются от промышленной сети (220В, 50Гц), что является источником повышенной опасности. Контроллерное оборудование размещается в шкафу управления и автоматики. Место, где размещается шкаф, необходимо сопроводить предупреждающими знаками “Высокое напряжение”. Регулирующие клапаны должны быть заземлены.

Все токоведущие части системы должны быть изолированы. Также необходима установка УЗО для предотвращения поражения током человека.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным

заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок и вычислительной техники. []

4.5 Пожарная безопасность

Рабочее помещение, в котором располагаются инженеры, должно обладать не менее чем 2-ой степенью огнестойкости, поскольку в нем может располагаться большое количество дорогой техники, в том числе ПЭВМ.

При строительстве подобного помещения в качестве материала должны быть использованы металл, стекло, кирпич и другие негорючие материалы. Углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы должны находиться в здании и предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний. Огнетушители типа ОУ особенно хороши, поскольку не только эффективны для тушения, но и не наносят вреда электрооборудованию.

Помещение должно быть оборудовано датчиками пожарной сигнализации, а также должны быть развешаны планы эвакуации людей при пожаре, которые определяют правильный порядок действий персонала при пожаре и указывают места расположения средств пожаротушения.

Автоматизация ЭГ приводит к увеличению риска возникновения пожара, поскольку увеличивается количество электрооборудования. В связи с этим АСУ построена таким образом, чтобы исключить выход нефти из ЭГ и оборудования, а также не допустить возникновения искры в токопроводящих цепях. Для этого алгоритмы АСУ предусматривают аварийную сигнализацию при достижении предельно допустимых давлений в трубопроводах и уровня в самом ЭГ. Информация об аварии уходит и на главный диспетчерский пункт, где принимается оперативное решение по безопасной остановке объекта.

Для решения второй задачи в ВКР были выбраны датчики со взрывозащищенным исполнением. Соединение датчиков с контроллером осуществляется только искробезопасными цепями.

Организационные мероприятия по предупреждению возникновения пожаров:

- 1) организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- 2) разработка мероприятий по действиям администрации и персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- 3) назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- 1) поддержание исправной изоляции проводников;
- 2) поддержание свободного подхода к оборудованию;
- 3) соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

При обнаружении пожара персоналом:

- 1) немедленно сообщить в пожарную службу;
- 2) оповестить работников о случившемся;
- 3) оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

4.6 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность работы АСУ электродегидратора обеспечивается за счет невозможности утечки нефти и дренажной воды из системы. Благодаря разработанным алгоритмам АСУ сбрасывает воду и нефть из ЭГ при достижении в нем высокого уровня среды.

Герметичность обеспечивается также за счет исполнительных устройств АСУ, которые способны выдерживать давление больше, чем максимально возможное давление в трубопроводах электродегидратора.

Установка ЭГ снабжается газосигнализаторами, которые немедленно подадут аварийную сигнализацию и позволят своевременно ликвидировать утечку.

Оборудование, используемое в АСУ, в случае полной неработоспособности и неремонтопригодности должно быть утилизировано на полигоне твердых бытовых отходов.

Заключение

В результате выполненной ВКР была разработана система автоматизированного управления электродегидратором нефти. В ходе работы был изучен технологический процесс обезвоживания и обессоливания нефти. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации электродегидратора, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Система автоматизации ЭГ, диспетчерского контроля и управления были

спроектированы на базе полевых устройств фирмы Rosemount, Метран ВСН-50-60, ТМТ 2-30, промышленного контроллера Siemens и программного SCADA-пакета TIA Portal. В ходе ВКР была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить.

Таким образом, спроектированная САУ электродегидратора нефти не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям.

Список литературы

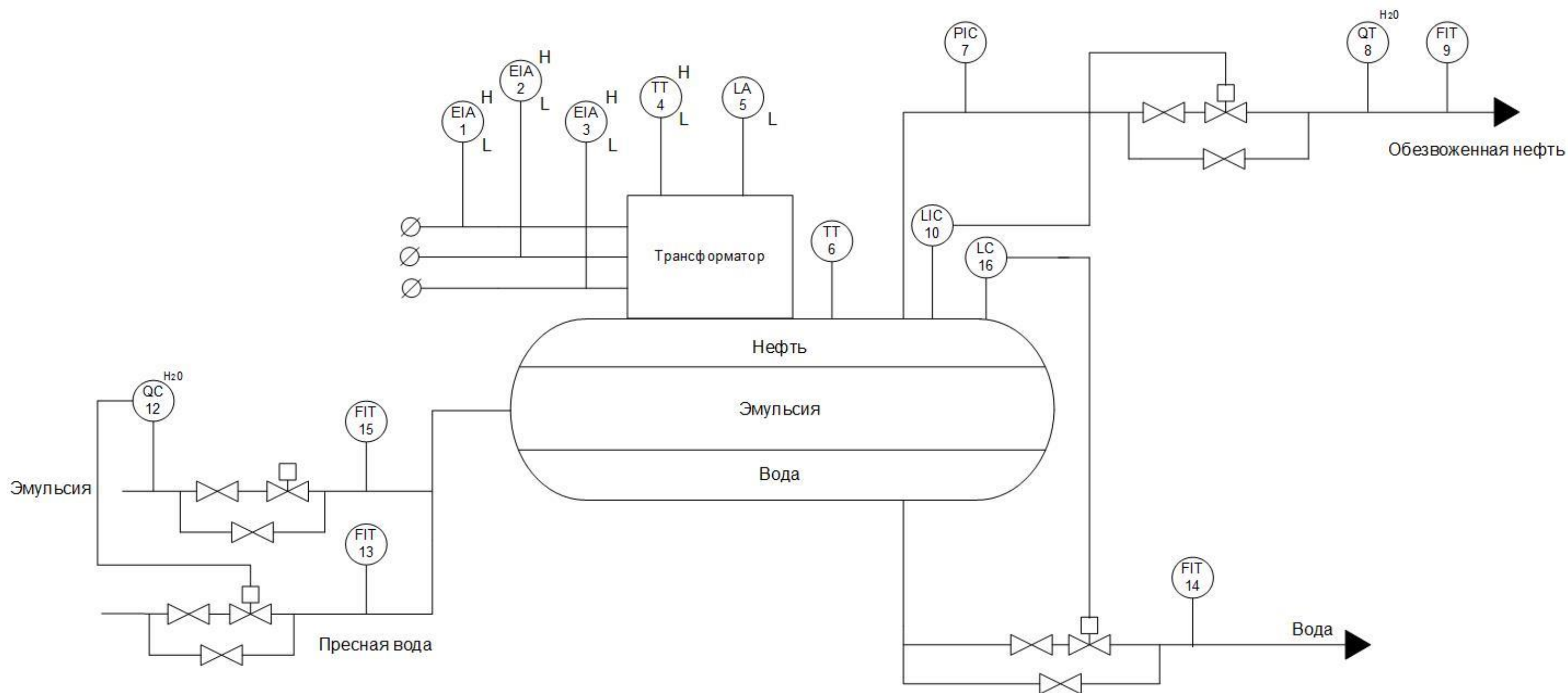
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.

4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во.
8. ГОСТ Р 51858-202. Нефть. Общие технические условия.
9. Максимов В.П. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Западной Сибири. – М.: 1979 г. – 336 с.
10. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с.
11. Цымбал, Владимир Петрович. Теория информации и кодирование : [Учебник для экон. вузов] / В. П. Цымбал. — 3-е изд., перераб. и доп.. — Киев: Вища школа, 1982. — 304 с.: ил.
12. ПЛК Siemens S7-1200. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prosoft.ru/cms/f/464635/Краткий+каталог+c+ценами.pdf>
13. Электромагнитный расходомер Rosemount 8700. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.emerson.com/documents/automation-8700-ru-3534.pdf>
14. Датчик давления Метран-150. [Электронный ресурс]. URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/DD/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-150.pdf>

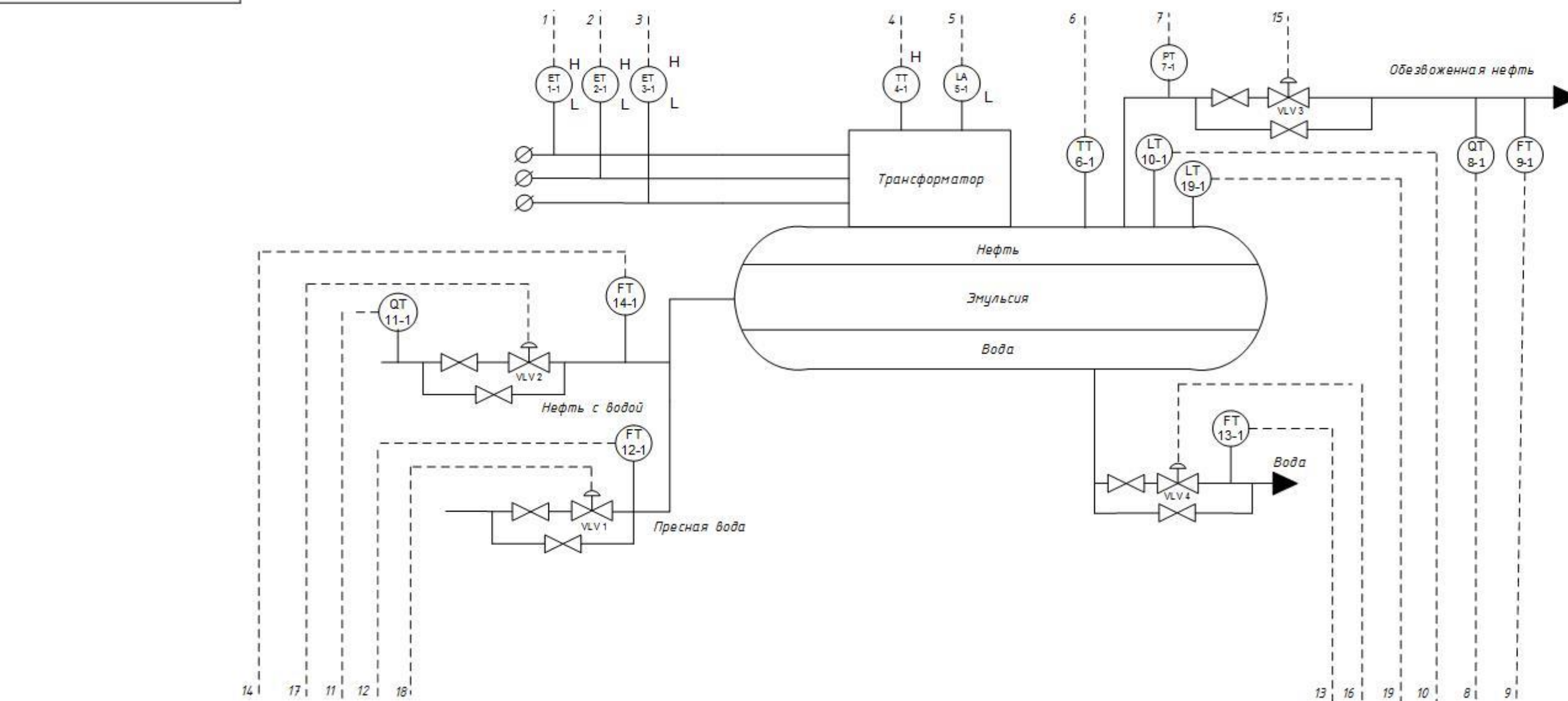
15. Уровнемер Rosemount 3300. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.k-avtomatika.ru/catalog/datchiki-urovnya/urovnamery-rosemount/volnovodnye-radarnye-urovnamery/rosemount-3300.html>
16. Датчик температуры Метран-276. [Электронный ресурс]. URL: http://metran.nt-rt.ru/images/showcase/Datchiki_temperatury_2013.pdf
17. Сигнализатор уровня РИЗУР-ДРУ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rizur.ru/products/datchiki-rele-urovnya/poplavkovye-datchiki-rele-urovnya/datchik-rele-urovnya-rizur-dru-1pm-dru-1pm-1-dru-1/>
18. Влагомер ВСН-50-60. [Электронный ресурс]. URL: https://nsp-sar.ru/opisanie_tipa_vsn2.pdf
19. Трансформаторное оборудование ТМТ 2-30. [Электронный ресурс]. URL: <http://mironomika.ru/catalog/1/48>
20. Клапан односедельный с ЭИМ 25нж947нж. [Электронный ресурс]. URL: <http://saz-avangard.ru/catalog/klapany-reg/odnosedelniy-chugunniy-eim/25nzh947nzh/>
21. Электропривод ST 0.1. [Электронный ресурс]. URL: http://www.regada.sk/ru/eshop/product/208/elektroprivod-prjamochodyj-st-0_1/
22. Логинов В. И. Обезвоживание и обессоливание нефтей. – М.: Химия, 2009 г. – 216 с., ил.
23. Настройка типовых регуляторов по методу Циглера–Никольса: метод. указания к выполнению лаб. работы для студентов/ сост. О.С. Вадутов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 10 с.
24. Правила устройства электроустановок. ПУЭ. Издание седьмое – 2002 г.
25. Привалов, Е. Е. Основы электробезопасности. В 3-х частях. Ч. III: защита от напряжения прикосновения и шага в электрических

- сетях: учебное пособие/ Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 180 с.
26. Меша К. И., Семенихин Г. И. Учебное пособие. Информационное обеспечение систем управления. – М.: Изд-во Московского государственного машиностроительного университета, 2012. – 229 с.
27. Кабель КВВГЭ нг. [Электронный ресурс]. URL: http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvngals_kvvgengals
28. Капля Е. В., Кузеванов В. С, Шевчук В. П. Моделирование процессов управления в интеллектуальных измерительных системах. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2009. – 512 с.
29. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
30. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. Под ред. Э.А. Арустамова / 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Дашков и К°», 2006. — 476 с.
31. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с
32. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
33. Журнал «Нормативные акты по охране труда» №1 – 2005. «Инструкция по организации работ, охране труда и экологической безопасности при работе на ПЭВМ (ПК)»
34. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»

35. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
36. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения»
37. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
38. Моисеенко Е.В., Лаврушина Е.Г. Информационные технологии в экономике. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. – 246 с.
39. Процессы и аппараты технологий сбора и подготовки нефти и газа на промыслах. [Электронный ресурс]. URL: <https://gas-cleaning.ru/files/book.pdf>
40. Технология промысловой подготовки нефти и газа на промысле. [Электронный ресурс]. URL: <https://designtest.lms.tpu.ru/mod/book/view.php?id=14758&chapterid=4204>



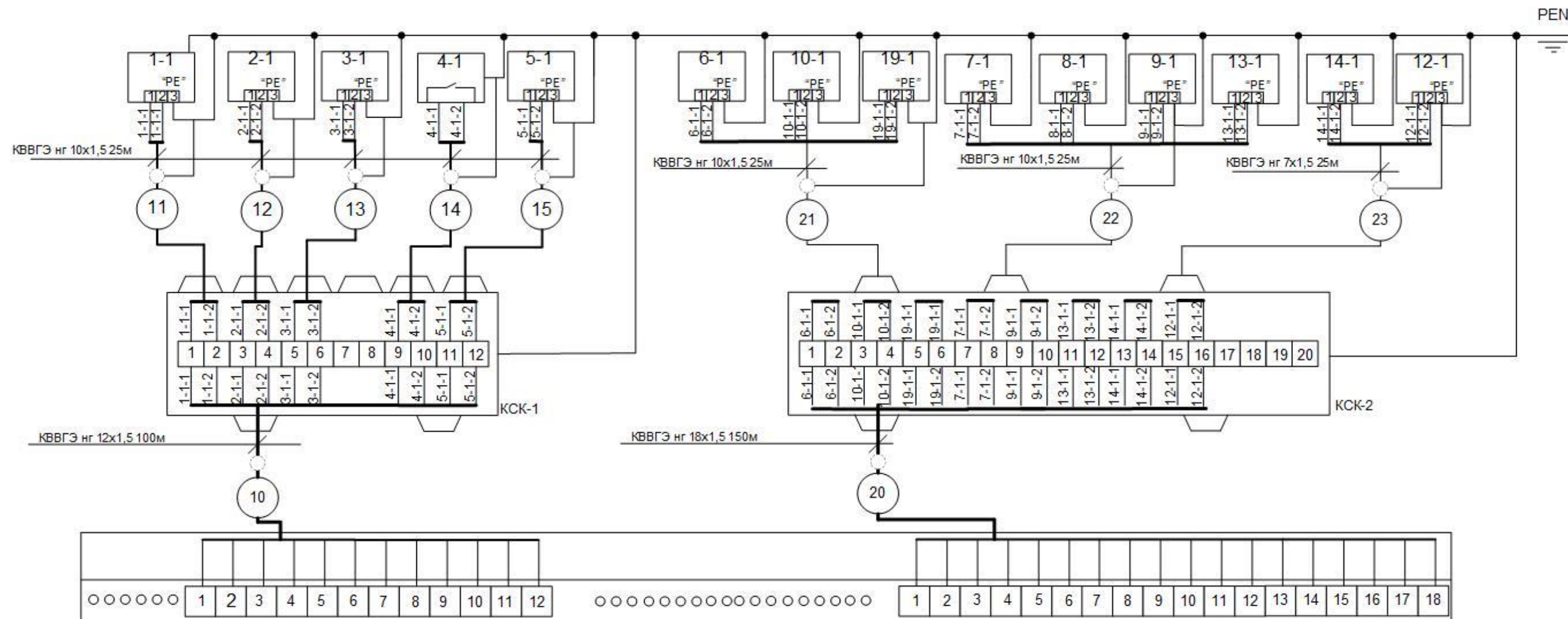
					ФЮРА.425282.001.ЭС.01				
					Функциональная схема автоматизации	Лит.		Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		У			
Разработ		Матяров Д.В.							
Проверил		Грамахов Е.И.							
Т. Контр.									
					Лист 1		Листов 5		
Н. Контр.					ТПУ ИШИТР Группа ВТ4А				
Утвердил									



Щит управлен.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SCADA	HL1	HL2	HL3	HL4	HL5	PC 7-3	PI 7-2	FC 9-3	FI 9-2	FC 12-3	FI 12-2	FC 13-3	FI 13-2	FC 14-3	FI 14-2	LC 10-3	LI 10-2	LC 19-2	

					ФЮРА.425282.001.ЭС.02		
					Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Мальков Д.В.				У		
Проверил	Грамаков Е.И.				Лист 1	Листов 4	
Т. Контр.					ТПУ ИШИТР		
Н. Контр.					Группа 8Т4А		
Утвердил							

Параметр	Напряжение	Напряжение	Напряжение	Аварийный уровень	Температура	Давление	Уровень	Качество	Расход	Температура среды	Качество	Расход	Расход	Уровень раздела фаз	Расход
Место отбора	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Трансформатор	Выход из ЭГ	ЭГ	Выход нефти из ЭГ	Выход из ЭГ	ЭГ	Вход в ЭГ	Выход воды из ЭГ	Вход эмульсии в ЭГ	ЭГ	Ввод пр. воды
Тип датчика	TMT-2-30	TMT-2-30	TMT-2-30	РИЗУР-ДРУ 1-ПМ	TMT-2-30	Метран 150	Rosemount 3300	ВСН 2-50	Rosemount 8700	Метран-276	ВСН 2-50	Rosemount 8700	Rosemount 8700	Rosemount 3300	Rosemount 8700
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	7-1	10-1	8-1	9-1	6-1	11-1	13-1	14-1	19-1	12-1



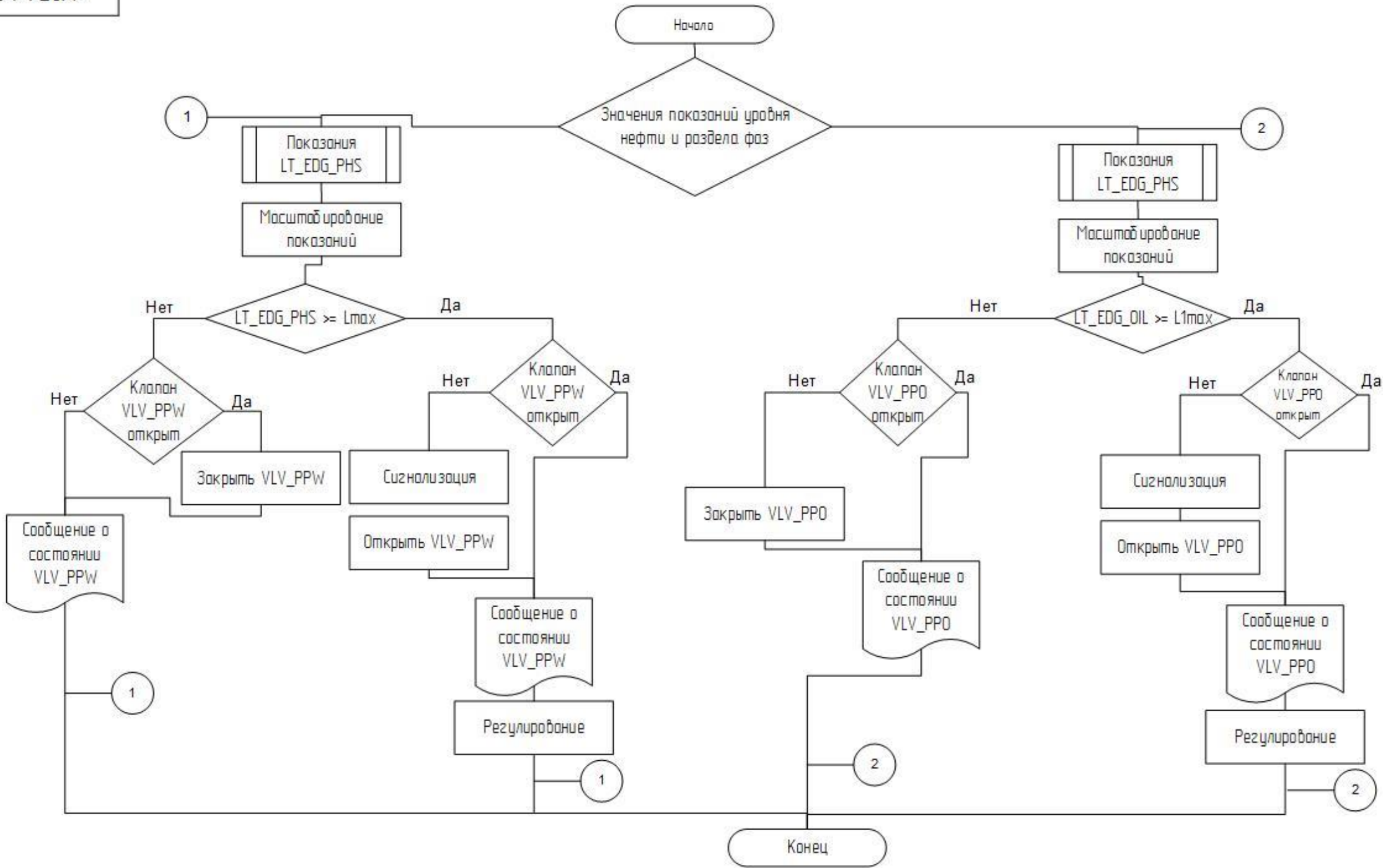
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
	Разработ.	Малышев Д.В.		
	Проверил	Грамаков Е.И.		
	Т. Кант.			
	Н. Кант.			
	Утвердил			

ФЮРА.425282.001.33

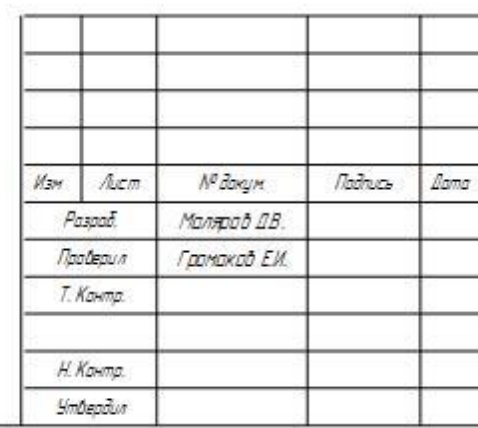
Схема внешних проводов

Лит.			Масса		Масса б	
г						
Лит. 1			Лит. 2			

Група 8Т4А



						ФЮРА.425282.001.ЭС.04			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Алгоритм регулирования уровня	Изм.	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Малышев Д.В.				4			
Проверил		Грамаков Е.И.							
Т. Контр.						Лист 1	Листов 4		
И. Контр.						ТПУ ИШИТР			
Утвердил						Группа 8Т4А			



ТПУ ИШИТР
Група 8Т4А

